

VAASAN YLIOPISTO

TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

AUTOMAATIOTEKNIikka

Ville Savolainen

ENERGIAHALLINNAN VAATIMUKSET –HKSCAN OY

Diplomityö, joka on jätetty tarkastettavaksi diplomi-insinöörin tutkintoa varten

Vaasassa 21.12.2015

Työn valvoja

Jarmo Alander

Työn ohjaaja

Janne Antola

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO	5
TIIVISTELMÄ	6
ABSTRACT	7
1. JOHDANTO	8
1.1. Työn tausta	8
1.2. Työn tavoite	9
1.3. HKScan Oyj	9
1.3.1. Lihan käyttö Suomessa	10
1.3.2. Vastuut	11
1.3.3. Taloudellinen vastuu	11
1.3.4. Ympäristövastuu	11
1.4. Tulevaisuuden energianäkymät	12
1.4.1. Fossiiliset polttoaineet	13
1.4.2. Ydinenergia	13
1.4.3. Uusiutuvat energianlähteet	14
1.4.4. Fossiiliset polttoaineet loppuvat	14
1.4.5. Ajoittainen sähköpula	15
1.4.6. Ilmastonmuutos	17
2. ENERGIANHALLINTA	18
2.1. ISO 50001	18
2.1.1. Johdon vastuu	20
2.1.2. Energiasuunnittelu	20
2.1.3. Järjestelmän toteuttaminen ja toiminta	22
2.1.4. Laitteiston rakenne	23
2.2. Paras käytettävissä oleva tekniikka	24
2.3. Analysointityökalut	25
2.4. Virheentunnistus ja diagnosointi	28
2.5. Energian kulutuksen vertailu	31

2.5.1. Lämmitys tai jäähdytyspäivät	31
2.5.2. Regressioanalyysi	34
2.5.3. Perusuran asettaminen	35
2.6. Tapaustutkimukset	36
2.6.1. Energianhallinta	36
2.6.2. ISO 50001 -standardi	36
2.6.3. Virheentunnistus	37
3. ENERGIANHALLINTA EURASSA	39
3.1. Nykyinen tila	39
3.1.1. Lämpö	39
3.1.2. Sähkö	40
3.1.3. Vesi ja jätevesi	40
3.1.4. Käyttöhyödykkeiden raportointi	41
3.2. Tavoitetila	42
3.2.1. Automaatio lämpölaitoksella	43
3.2.2. Mittaukset kaukolämpölaitoksella	44
3.2.3. Mittaukset vedenotossa	45
3.2.4. Automaatio jätevesilaitoksella	46
3.2.5. Sähkönjakelun mittaukset	47
3.2.6. Paineilman ohjaus	48
4. TIETOJÄRJESTELMÄN VAATIMUKSET	50
4.1. Energian kulutuksen seuranta	50
4.2. Energiatohokkuuden tarkkailu	51
4.3. Mittapisteet broileriteurastamolla	52
4.3.1. Broilereiden vastaanotto ja tainnutus	53
4.3.2. Kalttaus, höyhenien- ja sisäelimien poisto	53
4.3.3. Paloittelu, luuttomaksi leikkaaminen, massaosasto ja pakkaaminen	53
4.3.4. Rehun valmistus	53
4.3.5. Hiilidioksidi, typpi ja happi -laitos	54
4.3.6. Jätevesikanavat ja -laitos	54

4.3.7. Nestekaasulaitos	54
4.3.8. Jäähdytyskompressorit	55
4.3.9. Sähkömuuntajat	55
4.3.10. Ali- ja ylipainejärjestelmä	55
5. POHDINTA	56
5.1. Mittapisteiden selvitys	56
5.2. Energiaskenaariot ja -hallinta	56
5.3. Energiakulutuksen seuranta ja analysointi	57
5.4. Jatkotutkimus	58
6. JOHTOPÄÄTÖKSET	59
LÄHDELUETTELO	61
LIITE 1.	66

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

€	euro
BAT	Best Available Technique
BREF	BAT-reference document
CO ₂	hiilidioksidi
d	day
EBIT	Earnings Before Interest and Taxes
EMS	Energy Management System
Hz	hertsi, 1/s
ICT	Information and Communications Technology
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control
ISO	International Organization for Standardization
kWh	kilowattitunti
kWh/kg	ominaiskulutus tuotettua kilogrammaa kohden
LVIS	Lämpö, Vesi, Ilmastointi ja Sähkö
m ²	neliometri
m ³	kuutiometri
MWh	megawattitunti
NO _x	typen oksidit
OL3	Olkiluoto 3
OPC	Open Connectivity via Open Standards
oyj	julkinen osakeyhtiö
pH	pondus hydrogenii
Q	tilavuusvirtaus
ROCE	Return On Capital Employed
ROE	Return On Equity
snt/kWh	eurosenttiä kilowattituntia kohden
UPS	Uninterruptive Power Supply
W	watti

VAASAN YLIOPISTO**Teknillinen tiedekunta**

Tekijä:	Insinööri Ville Savolainen	
Diplomityön nimi:	Energiahallinnan vaatimukset -HKScan Oyj	
Valvojan nimi:	Professori Jarmo Alander	
Ohjaajan nimi:	Diplomi-insinööri Janne Antola	
Tutkinto:	Diplomi-insinööri	
Koulutusohjelma:	Energia- ja informaatiotekniikka	
Suunta:	Automaatiotekniikka	
Opintojen aloitusvuosi:	2013	
Diplomityön valmistumisvuosi:	2015	Sivumäärä: 76

TIIVISTELMÄ

Broilerin teurastamolla kulutetaan energiaa monissa eri käyttöhyödykkeiden muodoissa, kuten esimerkiksi sähköä lämpimän veden tuottamiseen, hiilidioksidia pakkaus- ja tainnutuskaasuihin sekä paineilmaa laitteiden toimintaan. Käyttöhyödykkeillä tarkoitetaan: sähköä, öljyä, höyryä, paineilmaa ja vastaavia hyödykkeitä, jotka ovat varsinaisen tuotantoprosessin ulkopuolisia apuvälineitä.

Energianhallinta ja energian säästöpotentiaalit ovat monessa organisaatioissa tiedostettu pitkään. Monissa tapauksista energiankulutusta seurataan tietyllä tarkkuudella esimerkiksi taulukko-ohjelmaa käyttäen käyttöhyödykelaskutuksen perusteella tai automaattisesti erillisten mittaus- ja valvontajärjestelmien avulla. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on esittää keinoja energiankulutuksen systemaattiseen vähentämiseen käyttäen hyväksi kulutuksen analysointikeinoja sekä tapoja, jotka perustuvat ISO 50001 -standardiin.

Opinnäytetyön alkukappaleissa esittelen HKScan konsernin toimintaa ja sen tunnuslukuja sekä energian kulutuksen ja hinnan skenaarioita. Muissa kappaleissa esitellään energianhallinnan nykyistä tilaa HKScanin Euran tehtaalla ja tulevaa tilaa uudessa nykyaikaisessa Rauman tehtaassa. Lopulta esitetään raportti, jonka on tarkoitus helpottaa energiahallintajärjestelmän vaatimusten määrittelyä.

Kaikki tämän työn taustateoria on saatu energiahallintaa käsittelevistä kirjoista sekä internet-sivustoilta. Olen myös haastatellut yrityksen henkilökuntaa selvittääkseni nykyisiä käytäntöjä ja toiveita uuden järjestelmän suhteen. Työn päätelmät liittyvät energiankäytön raportoinnin, analysoinnin ja sitä kautta muodostuvan energiansäästöpotentiaalini havaitsemisen tärkeyteen organisaatioissa.

AVAINSANAT: Käyttöhyödyke, energiainformaatiojärjestelmä, ISO 50001

UNIVERSITY OF VAASA**Faculty of technology**

Author: Bachelor of Science Ville Savolainen
Topic of the Thesis: Requirements of energy management -HKScan Oy
Supervisor: Professor Jarmo Alander
Instructor: Master of Science in Technology Janne Antola
Degree: Master of Science in Technology
Degree Programme: Energy and information technology
Major of Subject: Automation Technology
Year of Entering the University: 2013
Year of Completing the Thesis: 2015

Pages: 76

ABSTRACT

In poultry slaughterhouse energy is used in many forms of utilities, for example electricity is used to produce warm water, carbon dioxide is used on packing and gas-stunning phases, and pressurized air is used in many equipments to produce movement. Commonly utilities are referring to electricity, oil, steam, pressurized air and other similar things which are not involved in to the main processes.

In many organization energy management and saving potential of energy have been a well-known aspect for a long time. In many cases energy consumption is monitored at certain levels, using spread-sheets supplied with values taken from utility bills or automatically via sensors and control systems. The purpose of this master thesis is to search ways to manage and reduce energy consumption systematically in organization using analyses methods and ways that are based on the ISO 50001 standard.

In the first chapters I present some facts and key figures about HKScan concern and some scenarios about energy consumption and energy costs. In other chapters I present among other things the present state of energy management in HKScan Eura and possible future state in modern poultry slaughterhouse. At the end of this master's thesis I present a report, the purpose of which is to help to determine the energy management system's needs.

The background information of this master's thesis is from books that handle energy management or from electrical sources. I have also interviewed some employees of HKScan about user needs of energy management system. Conclusions of this master thesis are attached to reporting of energy consumption, analyzing and also to understanding importance of energy saving potential in organization.

KEYWORDS: Utility, energy information system, ISO 50001

1. JOHDANTO

Nykyaikainen, menestyvä ja ympäristötietoinen organisaatio ja sen henkilöt osoittavat energiatehokkuudellaan sekä toiminnoillaan yhteiskunnalle ja omalle työyhteisölle olevansa sitoutuneita tapaan, jolla he vähentävät ympäristölle aiheutuvaa kuormaa. ”Sitä, mitä mittaat, voit hallita”. Nämä kaksi lausetta tiivistävät tämän opinnäytetyön idean. Kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena on tutkia energia-alaan liittyviä asioita näkökulmasta, joka kiinnostaa itseäni ja on mielestäni tulevaisuuden kannalta merkittävää, kuten esimerkiksi ISO 50001 -standardin vaikutukset organisaatiossa. Työn tuloksena on dokumentti ”Tietojärjestelmän vaatimukset”, jonka on tarkoitus olla tukena yrityksen energiahallintajärjestelmän hankintapäätöksessä. Työssä esitellään kohdeyritys ja sen vastuualueita ympäristö- ja talousnäkökulmasta, tarkastellaan energia-alan näkymiä eri työryhmien muodostamien tulevaisuuteen katsovien raporttien kautta, kerrotaan toteutuneiden järjestelmien hyödyistä eräissä yrityksissä ja esitellään energiahallintastandardia ISO 50001.

1.1. Työn tausta

Vuonna 2012 HKScan Finland Oy aloitti uuden broileriteurastamo ja lihanjalostuslaitoksen (myöhemmin teurastamo) investointiselvitystyön. Nykyisen Euran kunnassa sijaitsevan broileriteurastamon tuotantokapasiteetti oli ääri rajoilla ja broilerin kulutustrendin oli kasvava. Vaihtoehtoina oli, joko vanhan laitoksen nykyaikaistaminen tai kokonaan uuden laitoksen rakentaminen. Molemmissa vaihtoehdoissa yhteistä tulisi olemaan energiatehokkuuden maksimoiminen, johon olennaisesti liittyy käyttöhyödykkeiden kulutuksen mittaaminen, raportointi ja analysointi. Tehtaanjohtajan ehdotuksesta minulle tarjoutui, mitä parhain mahdollisuus suorittaa diplomityö HKScan Finland Oy:n Euran tehtaalle.

1.2. Työn tavoite

Euran teurastamolla kulutetaan monia käyttöhyödykkeitä. Käyttöhyödykkeiden raportointi ja analysointi tapahtuu käytännössä käsin syöttämällä taulukko-ohjelmaan. Mittauksia tehtaalla on lukuisia, joista osasta muodostetaan tieto OPC-palvelimelle, mutta osa on ainoastaan manuaalisesti luettavissa.

Tavoitteena on selvittää kattavasti mahdolliset käyttöhyödykkeiden mittauskohteet tuotannossa ja sitä tukevissa sivuprosesseissa, sekä muodostaa dokumentti, joka avustaa raportointi- ja analysointityökaluohjelmiston ominaisuuksien minimivaatimusten määrittelyssä. Työn suoritan 2015 loppuvuoden aikana tutkimalla aiheeseen liittyvää kirjallisuutta, haastatteleamalla yrityksen edustajia ja tekemällä omia päätelmiä ja oivalluksia.

Työn tulos antaa myös paremmat mahdollisuudet perehtyä energian kulutukseen koko tehdasalueella ja näin ollen antaa mahdollisuuden paremmin analysoida, valvoa ja johtaa yrityksen energiankäyttöä.

1.3. HKScan Oyj

HKScan -konserni on pohjoismainen lihantuottaja. Yritys myy, markkinoi ja valmistaa sian-, naudan-, siipikarjan- ja lampaanlihaa. Suomessa tuotteiden ja valmisruokien tuotemerkkejä ovat: HK, Kariniemi ja VIA. Asiakkaisiin kuuluvat vähittäiskauppa-, food service-, teollisuus- ja vientisektorit. HKScan-konsernissa on sitouduttu strategisesti ja toiminnallisesti edistämään kestävästä kehitystä. Konsernissa toimitaan aktiivisesti taloudellisen, sosiaalisen ja ympäristövastuun kantamiseksi (HKScan 2015: 2-3). Toimitusjohtaja Hannu Kottonen kirjoittaa vuosikatsauksessa (2015: 4-5), että yritys on onnistunut viemään läpi strategisen rakenneuudistuksen ja taseen olevan vahva. Taulukossa yksi esitetään HKScan-konsernin tunnuslukujen kehitys vuosina 2013 ja 2014.

Taulukko 1 HKScan Oyj:n tunnusluvut vuosina 2013 ja 2014 (HKScan 2015).

	2014	2013
Liikevaihto, milj. euroa	1988,7	2113,2
Liikevoitto (EBIT), milj. euroa	55,5	11,7
Voitto ennen veroja, milj. euroa	51,2	6,7
Oman pääoman tuotto (ROE, %)	13,4	2,4
Sitoutuneen pääoman tuotto (ROCE) ennen veroja, %	9,7	4,0
omavaraisuusaste, %	51,5	37,1
Nettovelkaantumisaste, %	31,8	82
Bruttoinvestoinnit, milj. euroa	48,7	42,2

Konsernin liikevaihdosta muodostuu 44 % Ruotsista, 38 % Suomesta ja loput Tanskasta ja Baltiasta. Konsernin myynnistä 36 % muodostuu Suomesta, 30 % Ruotsista ja loput Baltiasta ja Tanskasta (HKScan 2015: 2).

1.3.1. Lihan käyttö Suomessa

Lihalajeista sianlihaa kulutetaan ja tuotetaan Suomessa eniten ja sen tuotantoa on pääasiassa kahden suurimman teurastamon lähialueilla. Suurimpia teurastamoja ovat Atria Oyj:n Nurmossa ja HK Ruokatalo Oy:n (nykyisin HKScan Finland Oy) Forssassa sijaitsevat laitokset. Broilerintuotantoa Suomessa harjoittaa edellä mainittujen lisäksi Ruoka Saarioinen Oy. Siipikarjan osuus lihan kokonaiskulutuksesta on ollut alkujaan vähäinen, kuitenkin vuodesta 2008 lähtien broileria on tuotettu toiseksi eniten sianlihan jälkeen (Siipikarjaliitto ry ja Suomen Broileriyhdistys 2009). Vuonna 2014 sianlihan kulutus Suomessa oli 34,6 kiloa ja vastaavasti siipikarjan 20,1 kiloa henkilöä kohden. Samasta tilastosta todetaan, että siipikarjan kulutus on ollut vuodesta 2012 lähtien suurempi kuin naudanlihan. ”Kulutus ilmoitetaan luullisena lihana ja luiden osuus on keskimäärin 20 %. Syötävän lihan määrä saadaan, kun luvuista vähennetään vielä ruuanvalmistuksessa tapahtuva kypsennyshävikki, 10—30 % tuotteesta riippuen” (Lihatiedotus 2015).

1.3.2. Vastuut

Markkinointijohtaja Mikko Järvinen (2013) kertoo lehden tekemässä haastattelussa, että HK Ruokatalo on mukana laatujärjestelmähankkeissa, mikä antaa mahdollisuuden tuoda esiin suomalaisen lihantuotantoketjun vastuullisuutta ja laatua. Laatuvaruujärjestelmässä otetaan huomioon eläinten hyvinvointi, tuoteturvallisuus, laatu ja ympäristövastuu, jotka kuluttaja huomaa tuotantoketjun avoimuutena ja läpinäkyvyytenä. Hän kertoo myös, että ”vastuullisuus, muun muassa tuotantoeläinten hyvinvointi ja tuotteiden korkea laatu, ovat olleet aina HK Ruokatalolle ykkösasia, ja kehitystyö jatkuu”.

HKScanin liiketoiminnalla ja tuotteilla on monta sertifikaattia: ISO9001, ISO14001 ja ISO22000. Kaikki Suomen teurastamot ovat EU-hyväksytyjä ja lisäksi sikateurastamoilla ja leikkaamoilla on Yhdysvaltain maatalousministeriön myöntämä USDA-hyväksyntä. Myös Venäjän vientihyväksyntä on Suomen, Baltian ja Ruotsin teurastamoilla (HKScan 2014).

1.3.3. Taloudellinen vastuu

HKScan on merkittävä työnantaja, joka tukee paikallisia yrityksiä investoimalla ja ylläpitämällä teurastamoiden toimintaa. ”Konserni myös hankkii tuotantoeläimiä, materiaaleja ja palveluja, mitkä vaikuttavat merkittävästi paikalliseen talouteen ja maatalouteen. Lisäksi konsernilla on sekä välittömästi että välillisesti huomattava vaikutus verotuloihin. Siksi on tärkeää parantaa koko arvoketjun pitkän aikavälin kannattavuutta” (HKScan 2015: 26).

1.3.4. Ympäristövastuu

HKScanin tavoite on valmistaa elintarvikkeita tavalla, jolla aiheutetaan minimaalisesti kuormitusta ja haittaa ympäristölle. Ympäristönsuojelussa tavoitteena on vähentää kaikkia päästöjä ilmakehään, vesistöön ja maaperään, sekä lisäksi vähentää toiminnasta syntyviä jätteitä. Yritystoiminnan jatkuvatoimisella kehittämisellä voidaan vaikuttaa ener-

gian ja veden kulutukseen, jäteveden ja jätteiden määrään ja laatuun. Myös henkilöliikenteen tai kuljetuksen aiheuttamiin päästöihin voidaan vaikuttaa jatkuvalla toiminnan parantamisella. (HKScan 2015, 27.)

1.4. Tulevaisuuden energianäkymät

Tässä kappaleessa tarkastellaan lyhyesti energian tuotantomuotoja sekä esitetään tulevaisuuden energiateknologioiden ja energian kulutuksen kehitystä. Tarkastelun on tarkoitus vahvistaa ajatusta energiakulutuksen raportoinnin, analysoinnin ja säästötavoitteiden asettamisen merkityksestä organisaatioissa sekä tuoda esiin energiankulutuksen visionäärisiä, mutta mahdollisia tulevaisuuskuvia.

Ensimmäisenä tarkastelun kohteena on Tulevaisuuden tutkimuskeskuksen ja Turun kaupakorkeakoulun vuonna 2009 tekemä tutkimus ”Energiaskenaarioita vuoteen 2050, katsaus energia-alan haasteisiin, mahdollisuuksiin ja vaikutuskeinoihin”, jossa käsitellään energian tulevaisuuteen vaikuttavia tekijöitä. Tulevaisuuden arviointiraporttien energiaskenaarioita esitetään kappaleissa ”Fossiiliset polttoaineet loppuvat” ja ”Ajoittainen sähköpula”. Tulevaisuusverstaiden tuloksena työryhmä loi neljä skenaariota. Ensimmäisessä vaihtoehdossa Suomen yhteiskunta on ottanut passiivisen aseman ilmasto- ja energiapolitiikassaan. Passivoituminen johtaa mittaaviin poliittisiin jälkireagointeihin ilmastonmuutoksen ja öljyvarojen ehtymisen vuoksi. Kolmessa jälkimmäisessä skenaariossa ilmasto- ja energiapolitiikan ongelmiin asennoidutaan aktiivisesti ongelmia välttämällä.

Toisena katselmuksen kohteena on Energiateollisuus ry, Fingrid Oyj, Metsäteollisuus ry, Suomen Elfi Oy ja Työ- ja elinkoinoministeriön vuonna 2015 teettämä tutkimus ”Suomen sähkötehon riittävyys ja kapasiteettirakenteen kehitys vuoteen 2030”, jossa ”tavoitteena oli arvioida sähkönhankintakapasiteetin ja tuotantotehon kehitystä sähkön kulutukseen nähden vuoteen 2030 asti”.

1.4.1. Fossiiliset polttoaineet

Fossiiliset energiavarat ovat maailmassa rajallisia, polttoaineet ovat muodostuneet biomassasta maaperään miljoonien vuosien aikana. Fossiilisia polttoaineita ovat: kivihiili, ruskohiili, maakaasu ja raakaöljystä jalostetut polttoöljyt. Kansainvälisissä luokituksissa myös turve luokitellaan fossiiliseksi polttoaineeksi, toisin kuin Suomessa, jossa se luokitellaan hitaaksi uusiutuvaksi biomassapolttoaineeksi (Tilastokeskus 2006).

1.4.2. Ydinenergia

Suomeen viidettä ydinvoimalaa on rakennettu vuodesta 2005 lähtien. Eduskunta hyväksyi valtioneuvoston periaatepäätöksen uuden ydinvoimalan rakentamisesta vuoden 2002 alussa. Alkuperäisen aikataulun mukaan laitoksen piti olla tuotantokäytössä vuonna 2009 (Teollisuuden voima 2008: 5). Tämän hetkinen arvio laitostoimittajan mukaan on vuonna 2018 loppupuolella (Teollisuuden voima 2015).

Tulevaisuusverstaan työryhmän mukaan viivästykset eivät ole toistaiseksi aiheuttaneet keskustelua ydinvoiman tarpeellisuudesta. Työryhmä kartoitti turvallisuuteen, ydinjätteen loppusijoitukseen ja poliittiseen hyväksyttävyyteen liittyviä haasteita. Työryhmä esitti myös näkemyksen, että ”Suomessa olisi potentiaalia lisätä huomattavasti ydinenergiaan perustuvaa yhdistettyä sähkön- ja lämmöntuotantoa” ja myös, että: ”ydinenergia on vastaus ilmastonmuutoksen hillitsemisen haasteeseen, sillä ydinenergia ei tuota juurikaan hiilidioksidipäästöjä” (Luukkanen, Karjalainen, Panula-Ontto ja Vehmas 2009: 30-31). Valtioneuvosto myönsi luvan kolmelle ydinvoimalahankkeelle vuonna 2010, hankkeiden sijaintipaikat olivat Loviisa, Eurajoki ja Pyhäjoki. Vuonna 2015 ainoana jäljellä olleesta Pyhäjoen hankkeesta jätettiin 30.6.2015 rakentamislupahakemus (Työ- ja elinkeinoministeriö 2015). Työ- ja elinkeinoministeriön teettämän tutkimuksen mukaan (Energieollisuus ry, Fingrid Oyj, Metsäteollisuus ry, Suomen Elfi Oy ja Työ- ja elinkeinoministeriö 2015: 1) uusien ydinvoimaloiden oletetaan valmistuvan sähkön tuotantoon vuonna 2019 ja 2025.

1.4.3. Uusiutuvat energianlähteet

Uusiutuviin energiamuotoihin luetaan aurinko-, tuuli-, vesi- ja bioenergia sekä maalämpö. Bioenergiaa tuotetaan puuperäisistä polttoaineista, kuten biomassat, biokaasu ja kierrätyspolttoaineiden biohajoava osa. Lisäksi aalloista ja vuoroveden liikkeistä on mahdollisuus saada energia, mutta Suomessa olosuhteet eivät mahdollista sähköntuotantoa näillä menetelmillä (Motiva 2015).

Ensimmäisen raportin tulevaisuusverstaalla todettiin, että uusiutuvien energiamuotojen käytössä on tällä hetkellä yhteiskunnalla voimakas tahtotila, mutta tulevaisuuden uhkakuviissa epäiltiin sen valtion tukemana energiamuotona vääristävän markkinoita ja aiheuttavan tehottomuutta. Samalla epäiltiin, että tulevaisuudessa haasteena on resurssien riittämättömyys. Käyttöä tulevaisuudessa kuitenkin tukevat saasteettomuus, ympäristöystävällisyys, paikallisuus ja kotimaisuus ja huoltovarmuusnäkökohdat (Luukkanen, ym. 2009: 31-32).

Toisessa raportissa (Energiateollisuus ry ym. 2015: 25) ennakoitiin, että ”Tuulivoimainvestointien uskotaan jatkuvan ja tarvittaessa investointeja tuetaan jotta ne toteutuvat”. Raportti olettaa, että vuonna 2025 saavutetaan tavoite 9 TWh:n tuulivoimatuotannosta ja kun paras potentiaali on hyödynnetty, investointien määrä laskee. Jälkimmäisessä raportissa ei uskota, että Suomeen investoidaan uusia vesivoimaloita tai sääntelyaltaita. Aurinkosähkötuotannon uskotaan tulevan Suomeen nopealla kasvuvauhdilla, mutta jäävän kuitenkin pieneksi verrattuna koko tuotantokapasiteettiin.

1.4.4. Fossiiliset polttoaineet loppuvat

Ensimmäisessä raportissa esitetään neljä skenaariota, joissa tarkastellaan tulevaisuuden energiankäyttöön vaikuttavia tekijöitä.

“Suomi ajopuuna kriisiytyvässä maailmassa”, jossa fossiilisten polttoaineiden loppuminen on tiedostettu jo pitkään. Öljyn kulutuksen arveltiin olevan huipussaan vuonna 2020,

jonka jälkeen öljyvarat hupenisivat nopeasti. Ennakoitua nopeampi öljynkulutus aiheuttaa maailmanlaajuisen talouskriisin.

“Ekologiset arvot hallitsevat”, jossa suomalaisen yhteiskunnan olennaisin muutos oli arvomuutos. Arvomuuos näkyi kestävyuden ja laadun arvostuksessa, energian ja luonnonvarojen kulutus oli ilmastonmuutoksen ja kestäväen kehityksen huomioon ottaen kääntynyt laskuun. Energiatehokkuus ja innovaatio johtivat monen yrityksen menestyksen. ”Tuotanto ja kulutusjärjestelmät sekä kulutuskäyttäytyminen muuttuivat perustavalla tavalla tarkasteluajanjakson aikana”.

“Irti öljyriippuvuudesta hyvinvointi turvaten”, jossa valtio on voimakkaasti alkanut verrattamaan fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Suomeen rakennettiin nopealla aikataululla kaksi uutta neljännen sukupolven ydinreaktoria käytöstä poistettujen tilalle. 2020-luvulla Suomen sähköverkkoa uudistettiin reaaliaikaiseksi niin kutsutuksi älyverkoksi, joka mahdollisti sähköverkkojen optimoinnin sekä joustavamman sähkön hinnoittelun. Ydinvoimoiden valmistumisen jälkeen vuosina 2032–2035 öljyriippuvalset maat ajautuvat energiakriisiin.

”Teollinen kasvu”, jossa selvästi ydinvoiman kannatus on vähitellen voimistunut ja samalla fossiilisista polttoaineista pyritty pääsemään eroon. Suurin osa öljylämmitysjärjestelmistä korvattiin nopealla aikataululla sähkölämmityksellä ja lämpöpumpuilla. Ydinvoimaa rakennettiin useita yksikköjä ja samalla Suomessa haluttiin tehdä sähkön vientimaa. Muut Euroopan maat suhtautuivat ajanjakson alkupuolella ydinenergiaan varovaisesti ja tämän johdosta se toi myöhemmin Suomelle mittavan kilpailuedun. Energiansäästö ei enää ollut ensisijainen tavoite eikä energiansäästötavoitteita vuosikausiin asetettu. (Luukkanen ym. 2009: 39-51.)

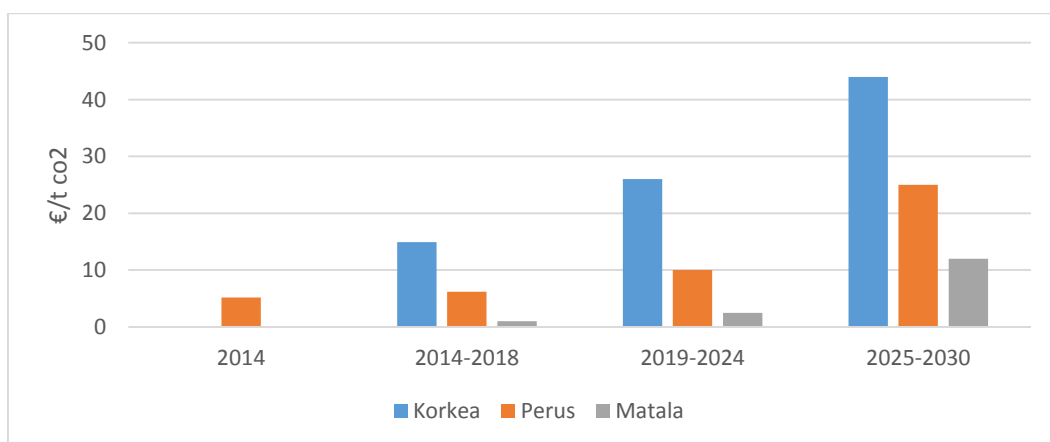
1.4.5. Ajoittainen sähköpula

Energiateollisuus ry ym. (2009) raportissa asetetaan kolme eri skenaariota sähkömarkkinoiden kehitykselle, joista todennäköisempänä on perusskenaario ja tämän lisäksi on matalan ja korkean kehityksen skenaario. Keskeisinä eroina skenaarioissa ovat talouskasvu,

sähkön kulutus ja energian hinta. Kaikille yhteistä on, että uudet ydinvoimalat otetaan käyttöön vuosina 2019 ja 2025, mutta tästä riippumatta Suomen sähköntuotantokapasiteetti on kulutuksen huippuaikoina tarkasteluajanjakson aikana alijäämäinen

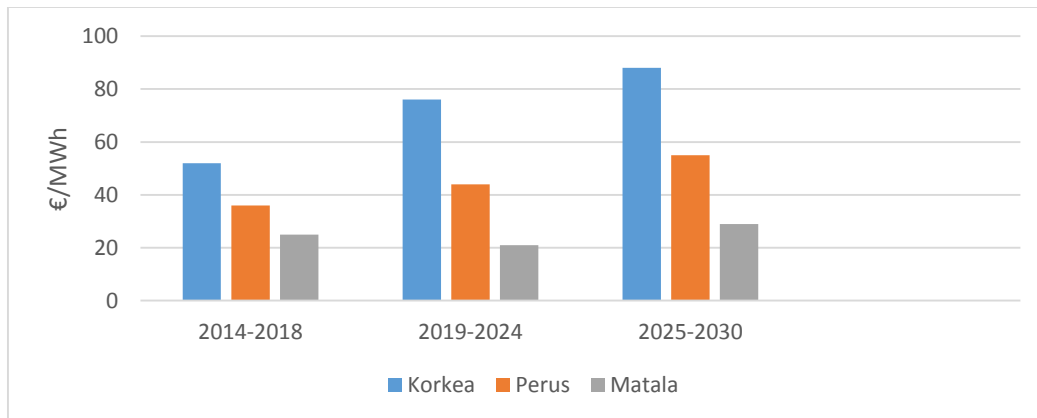
Polttoaineiden hinnan ajatellaan nousevan hitaasti matalassa ja perusskenaariossa. Hinnan nousun hitauteen vaikuttaa elpyminen maailmantalouden taantumasta. Korkeassa skenaariossa polttoaineiden hinta yli kaksinkertaistuu, koska talouden kasvu on nopeaa. Energiatehokkuustoimenpiteet muilla kuin metsä-, metalli- tai kemianteollisuudessa arvioidaan merkittävimiksi toimenpiteiksi energian säästämiseksi (Energiateollisuus ry ym. 2015: 11-13).

Raportissa otetaan kantaa myös sähkön kysyntäjousto, jossa esimerkiksi tuotannon aloittamisajankohta sijoitetaan valtakunnallisen kulutushuipun ulkopuolelle tai sivuprosessien ajoittaminen eri aikaan. Esimerkiksi kylmälaitteet ja -varastot mahdollisesti tarjoavat uusia toteutuskohteita, sähkön hetkittäisen hinnan ollessa korkealla. (Energiateollisuus ry ym. 2015: 41-42). Raportissa kuvataan päästöoikeuksien ja sähkön hintaskenaarioita, jotka ovat nyt olleet alhaisina talouden taantumisen ja sitä myötä alhaisen energian tarpeen vuoksi. Korkean skenaarion mukaan päästöoikeuksien ja sähkön hinnat kasvavat voimakkaasti. Kuviossa yksi esitetään päästöoikeuksien hinnan kehitys eri skenaarioissa. (Energiateollisuus ry ym. 2015: 1-9)



Kuvio 1 Päästöoikeuksien hinnat (€/CO₂) eri tarkasteluajakausina (Energiateollisuus ry ym. 2015).

Kuviossa kaksi esitetään sähkön keskihinnan kehitys tarkasteltavilla aikaväleillä eri skenaarioissa. Sähkön markkinahintaan vaikuttaa muuttuvat tuotantokustannukset sen hetki- sen tuotantokapasiteetin mukaan.



Kuvio 2 Sähkön keskihinta eri tarkasteluajakausina (Energiateollisuus ry ym. 2015)

1.4.6. Ilmastonmuutos

Globaalit muutostekijät kuten ilmastonmuutos, luonnonvarojen niukkuus ja energiankulutuksen kasvu vaikuttavat ja asettavat haasteita energian tuotannon ja kulutuksen tulevaisuuteen. Ilmastonmuutos voi aiheuttaa nopeastikin monenlaisia ongelmia, jotka liittyvät ympäristöön tai talouteen (Luukkanen ym. 2009: 11). Asiantuntijaryhmä on arvellut, että vuonna 2050 Suomen keskilämpötila on kohonnut, sademäärät kasvaneet ja näin ol- len bioenergian kasvatuksen mahdollisuus on muuttunut suotuisemmaksi. Vuodenaikojen välisen energiatarpeen arvellaan myös tasaantuneen ja myyntiartikkeleiksi energia-alalla ovat nousseet kaukolämmön lisäksi kaukokylmä ja sähkökäyttöinen jäähdytys. Eräät asi- antuntijat arvelevat ilmastonmuutoksen olevan Suomelle jopa hyödyllinen ”Suomi on houkutteleva paikka ja voittajavaltio ilmastonmuutoksessa” ja ” Ilmastonmuutos on tosi, siitä seuraa kansainvaellus, Suomi on vastaanottajamaa ja energian tarve räjähtää” ovat ryhmän jäsenten esittämiä argumentteja, jotka kuvaavat mahdollista tulevaisuuden tilaa. Valtio voi tulevaisuudessa hallinnollisilla toimilla rajoittaa esimerkiksi fossiilisten polt- toaineiden käyttöä tai taloudellisella ohjauksella tukea ympäristöperusteisilla tuilla tai ve- rottaa ja asettaa ylimääräisiä maksuja. (Luukkanen ym. 2009: 12-15.)

2. ENERGIANHALLINTA

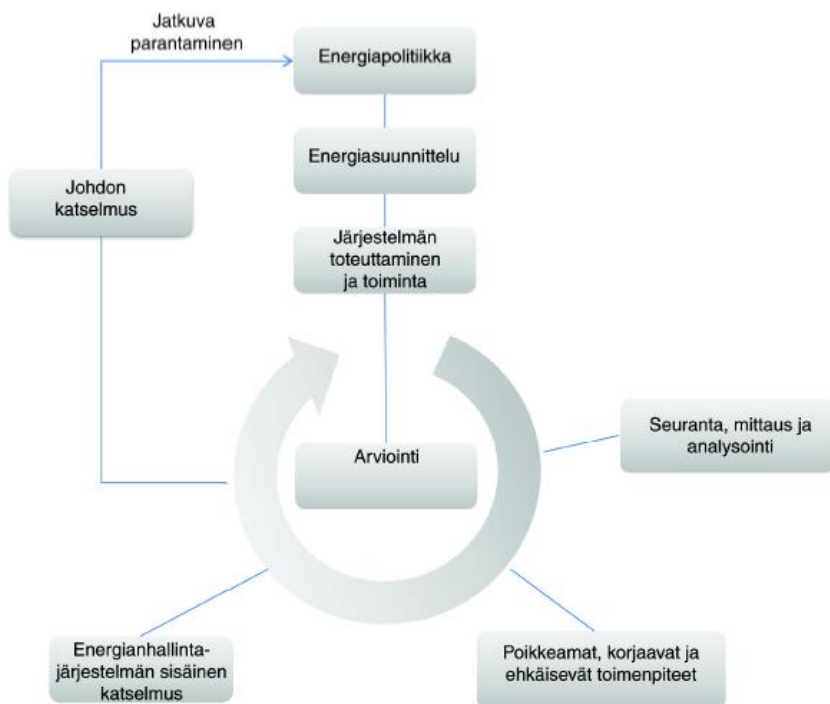
Tässä luvussa tarkastellaan, millä tavoin ja keinoin organisaation energianhallintaa tulisi johtaa sekä, miten energiatiedon avulla voidaan analysoida ja optimoida rakennusten energiakulutuksen ja hyödykkeiden kustannuksia. Energianhallintakeinot liittyvät ISO 50001 standardiin ja parhaiden käytettävissä olevien tekniikoiden referenssidokumentteihin. Luvussa esitetään myös automaattisen virheentunnistuksen rakenne ja toiminta sekä esitetään lyhyesti tapaustutkimukset.

Suurille yrityksille energiakatselmus on pakollinen ja se pitää suorittaa neljän vuoden välein. Energiatehokkuuslain (2014) mukaan yritys vapautuu katselmuksen tekemisestä, jos yritykselle on ”riippumattoman elimen toimesta sertifioitu energianhallintajärjestelmä tai ympäristönhallintajärjestelmä, johon sisältyy tässä laissa ja sen nojalla säädettyjen vähimmäisvaatimusten mukaisesti tehty energiakatselmus”. ”Sertifioiduksi energianhallintajärjestelmäksi luetaan sertifioitu ISO 50001 -järjestelmä sekä sertifioitu ISO 14001 -järjestelmä yhdistettynä riippumattoman elimen toimesta sertifioituun energianhallintajärjestelmään, jonka energiakatselmusvaatimukset ovat yhteneväiset ISO 50001 -järjestelmän kanssa”. Energianhallintaa organisaatiossa auttavat parhaimpien käytössä olevien tekniikoiden referenssidokumentit.

2.1. ISO 50001

ISO 50001 -standardin tarkoitus on ”auttaa organisaatiota rakentamaan järjestelmät ja prosessit, jotka ovat edellytyksiä energiaterhokkuuden parantamiselle, mukaan lukien energiaterhokkuus, energiankäyttö ja -kulutus”. Standardissa asetettujen vaatimusten perusteella organisaation on helpompi toteuttaa ja kehittää energiapolitiikkaansa, sekä tarkastella päämääriä, tavoitteita ja toimintasuunnitelmia, jotka huomioivat lainsäädännön ja energian käytön.

Standardi asettaa energianhallintajärjestelmälle yleisiä vaatimuksia. Standardin mukaan energianhallintajärjestelmää luotaessa, dokumentoitaessa ja toteutettaessa on noudatettava standardissa määriteltyjä vaatimuksia. Lisäksi on olennaista, että organisaatio päättää tavat, jolla se mahdollistaa energia tehokkuustason jatkuvan ylläpitämisen ja parantamisen. Kuviossa 3 esitetään energianhallintamalli, joka perustuu Suunnittele-Toteuta-Arvioi-Toimi -rakenteeseen. Suunnitteluvaiheessa suoritetaan energiakatselmus ja energian käytön perusura, määritellään ”energiantehokkuusindikaattorit, päämäärät, tavoitteet ja toimenpidesuunnitelmat, jotka ovat välttämättömiä energiatehokkuuden parantamiseksi organisaation energiapolitiikan mukaisesti”. Toteuttamisvaiheessa muodostettu toimenpideohjelma toteutetaan. Arviointi-vaiheessa seurataan ja mitataan prosesseja keskeisiä toiminnan ominaisuuksia, ”jotka määrittävät energiatehokkuustason suhteessa organisaation energiapolitiikkaan ja sen asettamiin tavoitteisiin”. Toimi-vaiheessa suoritetaan ne toimenpiteet, jotka edesauttavat energiatehokkuuden ja energiahallintajärjestelmän jatkuvaa parantamista. Rakenne liitetään organisaation jokapäiväiseen toimintaan. (Suomen standardoimisliitto 2013: 8-18).



Kuvio 3 Energianhallintakaavio, joka perustuu suunnittele, toteuta, arvioi ja toimi -rakenteeseen (Suomen standardoimisliitto 2013:11).

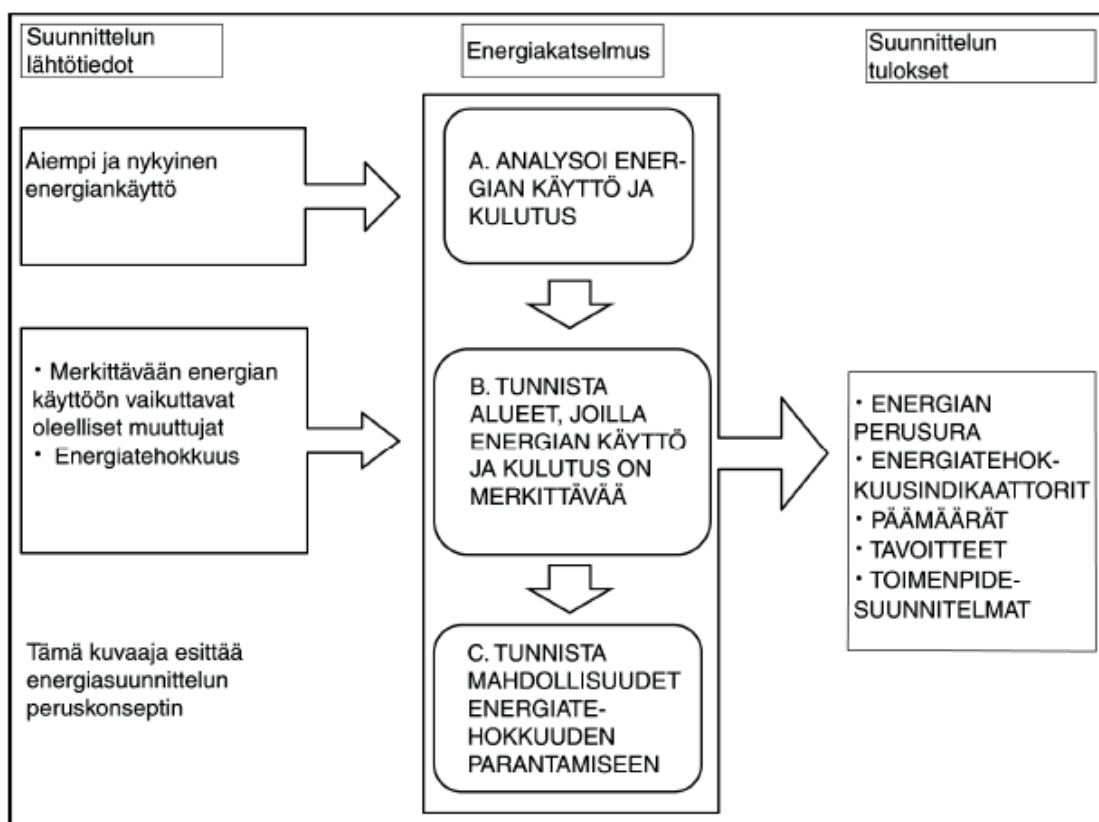
2.1.1. Johdon vastuu

Standardi esittelee keinoja, joilla organisaation ylin johto voi osoittaa sitoutumisen energiahallintajärjestelmän tukemiseen ja jatkuvaan parantamiseen:

- ”määrittelemällä, luomalla, toteuttamalla ja ylläpitämällä organisaation energiapolitiikkaa
- hyväksymällä energianhallintaryhmän muodostaminen ja nimittämällä johdon edustajikseen
- allokoimalla energianhallintajärjestelmän ja sen seurauksena syntyvän energiatehokkuuden perustamiseen, toteuttamiseen, ylläpitämiseen ja parantamiseen tarvittavat resurssit
- tunnistamalla energianhallintajärjestelmän soveltamisalan ja rajat
- viestimällä energiahallinnan merkitystä organisaation sisällä
- varmistamalla, että energiatunnusluvut ovat organisaatiolle sopivia
- ottamalla energiatehokkuus huomioon pitkän aikavälin suunnitelmissa
- varmistamalla, että tulokset mitataan ja raportoidaan sovituin aikavälein
- johdon katselmuksen johtaminen”. (Suomen standardoimisliitto 2013: 20.)

2.1.2. Energiasuunnittelu

Organisaation energiasuunnittelun on kuljettava samaa linjaa sen energiapolitiikan kanssa ja päädyttävä toimenpiteisiin, jotka nostavat energiatehokkuutta. Organisaatiossa suoritettava energiasuunnitteluprosessi on myös dokumentoitava (kuvio 4).



Kuvio 4 Energiahallinnan suunnitteluprosessi standardin SFS EN ISO 50001 mukaan (Suomen standardoimisliitto 2013:38).

Energiakatselmuksen raportista saatujen tietojen perusteella laaditaan energian käytön perusura, jota vasten verrataan tulevia energian käytön mittareita valitun tiedonkeräysjaksojen väliajoin. Perusura tulee tarkistaa, jos organisaation energiatehokkuusluvut eivät enää vastaa nykyistä energian käyttöä ja kulutusta tai toiminnassa on tapahtunut merkittäviä muutoksia. Olennaista on, että toiminnoille, organisaatiotasolle, prosesseille ja tiiloille asetetaan aikarajallisia päämääriä ja niille välitavoitteita. Standardissa on esitetty pakollisia toimenpidesuunnitelman kohtia:

- ”vastuut, keinot ja aikataulu, joita noudattaen yksittäiset tavoitteet aiotaan saavuttaa
- tiedon menetelmästä, jolla energiatehokkuustason parannukset todennetaan
- tiedon menetelmästä, jolla tulokset todennetaan.” (Suomen standardoimisliitto 2013: 24.)

2.1.3. Järjestelmän toteuttaminen ja toiminta

Organisaatiossa ylläpidetään ja toteutetaan toimenpidesuunnitelmaa, sekä käytetään muita mahdollisia toiminnan suunnittelusta saatavia tuotoksia. Organisaatiossa on varmistettava sellaisten henkilöiden riittävä pätevyys, joiden toiminta, työtehtävät tai toimet merkittävästi vaikuttavat organisaation energiankulutukseen. Tarvittaessa on järjestettävä koulutusta tai muita toimenpiteitä, jotta vaatimuksiin päästäisiin. On myös varmistettava, että organisaation työntekijät ja sen nimissä toimivat henkilöt ovat tietoisia:

- ”energiapolitiikan, toimintatapojen ja energiahallintajärjestelmän vaatimusten yhdenmukaisuudesta
- omista rooleistaan, vastuistaan ja valtuuksistaan, jotka liittyvät energiahallintajärjestelmän vaatimusten täyttämiseen
- energiatehokkuustason parantamiseen liittyvissä hyödyissä
- heidän toimintansa todellisista tai mahdollisista vaikutuksista energiankäyttöön ja -kulutukseen sekä siitä, kuinka heidän toimintansa ja käytöksensä vaikuttaa energiapäämäärien ja -tavoitteiden saavuttamiseen sekä mahdollisista seurauksista, jotka syntyvät tietyistä toimintatavoista poikkeamisen seurauksena.” (Suomen standardoimisliitto 2013: 24-26.)

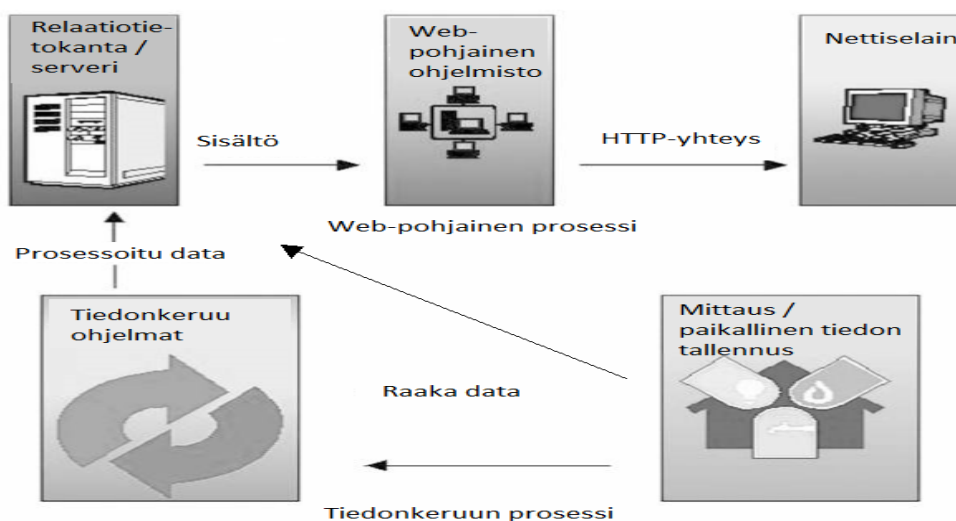
Sisäisessä viestinnässä huomioitavia asioita ovat energiansäästötoimenpiteiden kautta syntyvät toimet ja niiden tehokkuus. Energiahallintajärjestelmän toiminnasta tulee olla mahdollisuus antaa kommentteja ja parannusehdotuksia (Suomen standardoimisliitto 2013: 26).

Ottamalla huomioon organisaation energiapolitiikan, päämäärät, tavoitteet ja toimenpidesuunnitelmat on organisaatiossa tehokkuuden varmistamiseksi tunnistettava ja suunniteltava toiminnot, jotka ovat energiankäytön kannalta tarkoituksenmukaisia. Esimerkiksi energiapalveluita, tuotteita tai laitehankintoja hankkiessa on tiedotettava toimittajalle, että eräänä hankintakriteerinä on energiatehokkuuden taso (Suomen standardoimisliitto 2013: 28).

Energianhallintajärjestelmällä voidaan systemaattisilla, jatkuvilla toiminnoilla kehittää ja toteuttaa organisaation energiapolitiikkaa, todentaa isoimmat energiankulutuskohteet, asettaa säästötavoitteita, tutkia ongelmia ja suorittaa korjaavia toimenpiteitä. Hyödyiksi voidaan esittää: parhaiden energian säästötoimien jalkautus päivittäistöimiin, suorituskyvyn ja tuottavuuden parantaminen, prosessien jatkuva kehitys ja organisaation johdon, sekä henkilöstön omistautumisen energiasäästötavoitteisiin. (Sustainable energy authority of Ireland.) Yrityksessä on tiedostettava jatkuvasti laitteiden käyntitiedot, toimivuus ja energian kulutukset (Capehart ja Middelkoop 2011: ix).

2.1.4. Laitteiston rakenne

Capehart väittää (2011), että hyvin toimivalla tehdasjärjestelmällä on kaksi kriittistä ominaisuutta: 1) järjestelmän käyttäjän pitää pystyä ohjaamaan kaikkia toimintoja ja systeemejä yhdestä paikasta ja 2) kaikki mitattavat tiedot tallentuvat yhteiseen tietokantaan. Kuviossa viisi on esitetty erään verkkopohjaisen järjestelmän kuvaus, jonka toiminnot voidaan jakaa kahteen pääosaan: tiedonkeruu ja tiedon esitys. Ensimmäisessä vaiheessa mitataan suuretta anturilla, jonka tieto toimitetaan joko suoraan tai käsiteltynä tietokantaan tai palvelimelta, jolta tieto voidaan lukea selainta käyttäen. (Capehart ja Middelkoop 2011, 539-541.)



Kuvio 5 Erään verkkopohjaisen energiainformaatiojärjestelmän rakenne Capehartin ja Middelkoopin (2011) mukaan.

2.2. Paras käytettävissä oleva tekniikka

EU:n asettama direktiivi ”ympäristön pilaantumisen ehkäisemisen ja vähentämisen yhtenäistämiseksi” kohdistuu moneen teollisuuden alaan, muun muassa sellaiseen elintarviketoimintaan, jossa lopputuote valmistetaan eläinperäisistä raaka-aineista ja valmiiden tuotteiden määrä ylittää 75 tonnia päivässä (Directive 2008/1/EC of the European Parliament and of the council: 21). Paras käytettävissä oleva tekniikka tarkoittaa direktiivin toisen artiklan 12 alakohdan mukaan, että yrityksen on taloudellisissa ja teknisissä rajoissa käytettävä toiminnassaan sellaista tekniikkaa, joka parhaiten suojelee ympäristöä. Direktiivissä mainitaan seikkoja, joita tulisi ottaa huomioon päätettäessä käytettävissä olevista tekniikoista ottaen lisäksi huomioon kustannus-, etu-, varovaisuus, ja ennaltaehkäisyperiaatteet. Mainittuja seikkoja ovat muun muassa:

- ”tekniikan kehitys ja muutokset tieteellisessä tiedossa ja ymmärryksessä”
- ”prosessissa käytettävien raaka-aineiden (mukaan lukien vesi) kulutus ja ominaisuudet sekä energiankäytön tehokkuus” (Directive 2008/1/EC of the European Parliament and of the council).

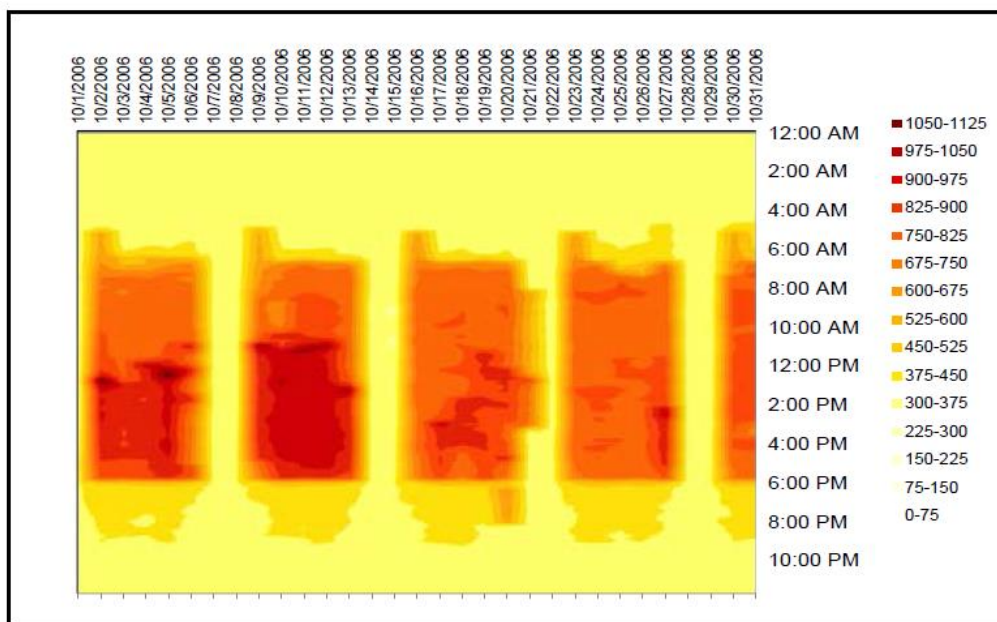
Parhaimpien saatavilla olevien tekniikoiden vertailuasiakirjoja ylläpitää Euroopan unionin komissio. Vertailuasiakirjoja julkaistaan Euroopan IPPC-toimiston kotisivuilla ja ne ovat vapaasti kaikkien luettavissa. BREF-asiakirjojen ideana on tarjota taustatietoa ja vertailupohjaa laitoksen suunnittelijoille, käyttäjille ja omistajille tai laitteiden suunnittelijoille, siitä mikä on parasta käytettävissä olevaa tekniikkaa tietyllä teollisuuden alalla. Tekniikan lisäksi asiakirjat pitävät sisällään Heikkilän, Huumon, Hyytiän, Seitsalon ja Siitosen (2008) mukaan muun muassa myös kannanottoja:

- jätteiden määrän ja haitallisuuden vähentämiseen
- muodostuvien päästöjen laatuun ja kulutukseen
- toimintaan liittyviin riskeihin ja onnettomuusvaaroihin
- ympäristövaikutuksiin
- energian käytön tehokkuuteen.

2.3. Analysointityökalut

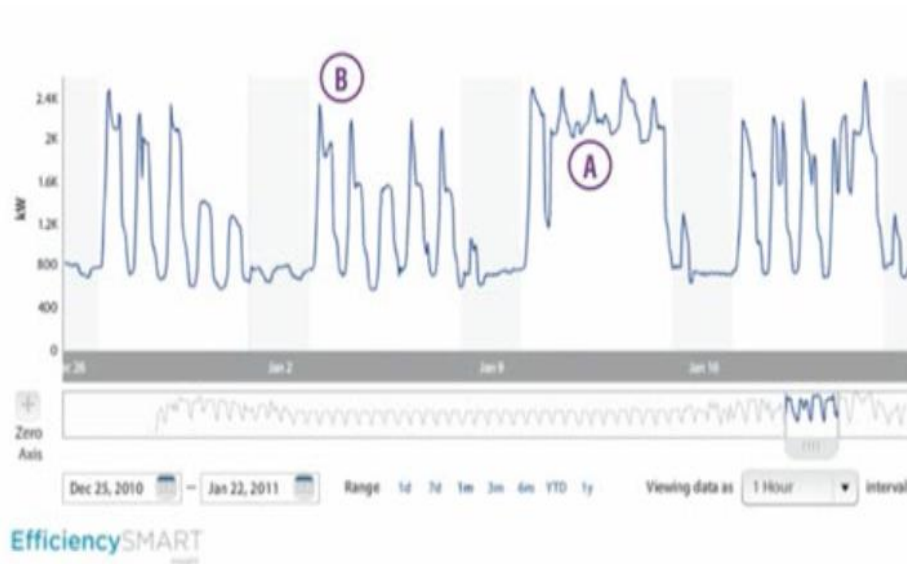
Yhdysvaltain energiaviraston tukema työryhmä (U.S.Department of Energy 2013) on listannut kirjallisuuteen ja kokemukseen perustuvia tapoja rakennuksen energian ja operatiivisen datan diagnosointiin. Ryhmä keskittyi pieniin alle 10000 neliömetrin rakennuksiin, joista on yleisesti saatavilla olevia energia- ja toiminnallista dataa. Lista pitää sisälleen keinoja, jotka ovat puhtaasti analyttisiä ja antavat dataa tulkitsevan tuloksen. Seuraavassa listassa on esitetty tärkeimpiä tiedon tulkinta tapoja:

1. Kuormitus vs. työn ajoitus esittää väridiagrammin avulla (kuvio 6) käytetyn energian ajan suhteen, josta voidaan tarkastella kuormitusvaihteluita työn aikataulutuksen mukaan. Diagrammista voidaan myös tarkastella niin sanottujen kuumien pisteiden sijaintia ja vaihtuvatko kuormitusilanteet oikein työn ajoituksen mukaan. Mittausväätimuksina ovat tunnin tai lyhemmän ajan sähkömittarilukema ja työnajoituskaavio. (U.S.Department of Energy 2013: 11.)

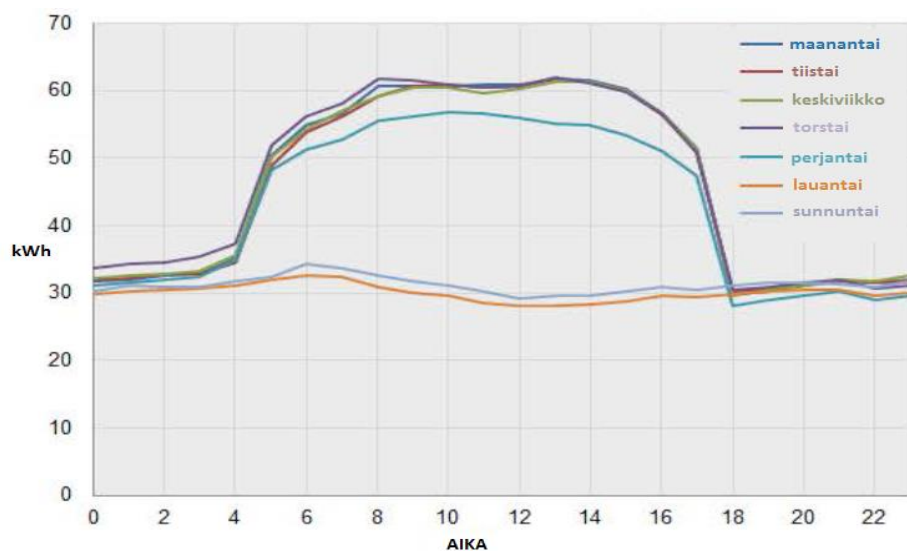


Kuvio 6 Sähköenergiankulutus vastaan työnajoitus -väridiagrammi, jossa X-akselilla on päivät, y-akselilla vuorokaudenajat ja z-akselilla energiankulutus (U.S.Department of Energy 2013: 11).

2. Kuormituksen aikasarja esittää mitatun energiankulutuksen ajan funktiona (kuviot 7 ja 8), josta voidaan nähdä milloin, kuinka paljon energiaa on kulutettu, kulutushuiput ja tuotannon ulkopuolisen ajan energiankulutus. Vaatimuksina ovat tunnin tai lyhemmän ajan sähkömittarilukema ja työnajoituskaavio (U. S.Department of Energy 2013: 11-12).

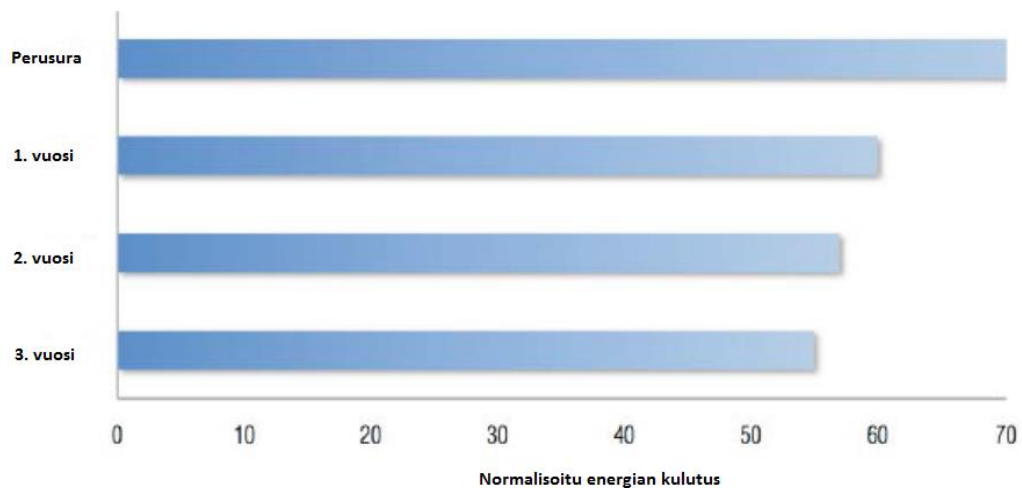


Kuvio 7 Neljän päivän energiankulutus ajan funktiona, jossa x-akselilla ovat päivät ja y-akselilla energiankulutus kilowattitunteina (U. S.Department of Energy 2013: 12).



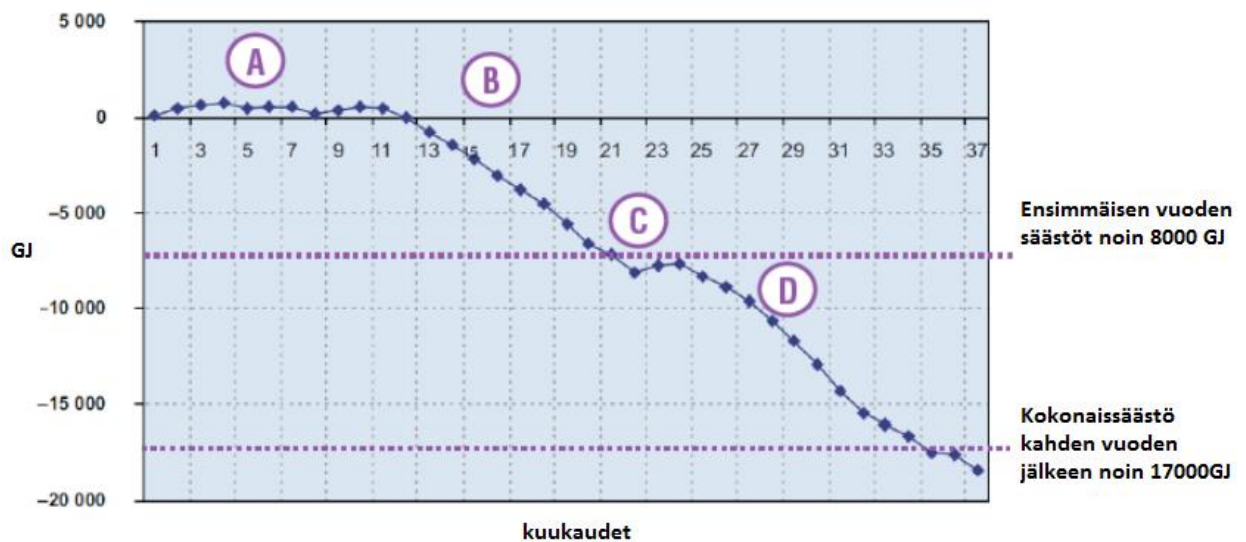
Kuvio 8 Päivittäiset energian kulutukset ajan funktiona, jossa x-akselilla ovat tunnit ja y-akselilla energiankulutus kilowattitunteina (U. S.Department of Energy 2013: 12).

3. Perus- ja huippukuorman vertailu, joka laskee perus- ja huippukuorman välisen suhteen tiedetyllä aikavälillä. Hyötynä merkittävän peruskuorman esiintuominen tuotannon ulkopuolisilla hetkillä (U. S. Department of Energy 2013: 12).
4. Ulkolämpötilan vaikutus energiankulutukseen, jossa lasketaan Spearmanin järjestyskorrelaatio ulkolämpötilan ja energian kulutuksen välillä. Työryhmän mukaan voidaan korrelaatiokertoimen ollessa $> 0,7$ tulkita tuotantolaitoksen olevan erittäin herkkä ulkolämpötilalle. Herkkyyteen voi vaikuttaa rakennuksen eristyksen riittämyys tai liiallinen ilmanoton. Mittausvaatimuksena on energiankulutuksen lisäksi ulkolämpötila (U. S. Department of Energy 2013: 14).
5. Energiankulutuksen vertailu muiden vastaavien rakennusten energiankulutussuosiin, jonka vertailuarvona voidaan käyttää energiankulutusta neliötä kohden. Vertailuilla voidaan tutkia rakennuksen energiansäästöpotentiaalia. Toisena vaihtoehtona on normalisoida energiankulutus paikallisen sään mukaan ja verrata sitä muodostettuun energian perusuraan. Kuviossa 9 esitetään neljän vuoden normalisoidut kulutuslukemat, joista ensimmäinen on muodostettu perusura. (U.S. Department of Energy 2013: 14).



Kuvio 9 Energiankulutuksen vertailu perusuraan (U. S. Department of Energy 2013: 14).

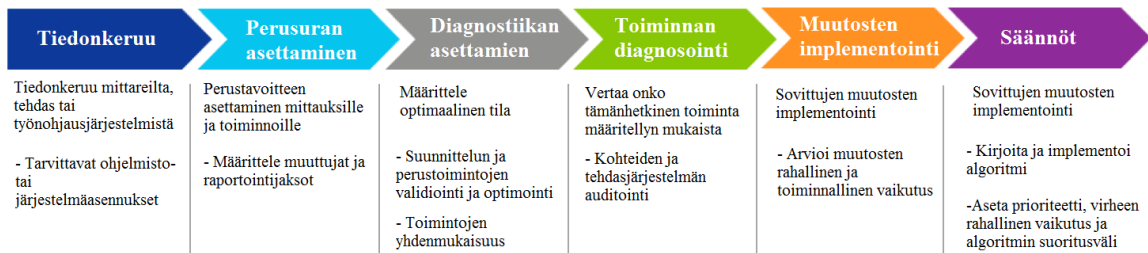
6. Kumulatiivisen kulutuksen analysointikuviossa (kuvio 10), jossa tarkastellaan toteutunutta kumulatiivista energiankulutusta energian perusuraan. A-kohdassa, ensimmäisten kahdentoista kuukauden aikana ei ole saavutettu energian säästöä verrattuna perusuraan. B-kohdassa kulutuksen trendin kulmakerroin on negatiivinen, joka osoittaa energian säästöä. C-kohdassa kulmakerroin on positiivinen. Kulutuksen kasvamisen syyksi paikallistettiin väärin reagoiva säätöpiiri, jonka parametrin muutoksella saatiin energiankulutus laskuun (kohta D). (U. S.Department of Energy 2013: 15.)



Kuvio 10 Kumulatiivisen energiankulutusta verrataan perusuraan U. S.Department of Energyn (2013) mukaan.

2.4. Virheentunnistus ja diagnosointi

Säätöpiirien ja laitteiden suorituskyvyn optimointi on yleinen ongelma monessa rakennus- tai tehdaskiinteistössä. Suorituskyvyn puute merkitsee usein turhia kustannuksia. Yhtenä vaihtoehtona on tutkia laitteiden ja säätöpiirien toimintaa manuaalisesti, mutta tämä tapa on lähinnä tilapäisratkaisu. Parempi tapa on käyttää analysointitekniikoita, joihin on liitetty automaattisia virheentunnistusalgoritmeja. (Pinho 2015: 1.) Automaattisoidulla virheentunnituksella voidaan paikallistaa virheen aiheuttaja nopeasti vian ilmaannuttua. Kuviossa 11 on esitetty virheanalyysijärjestelmän toteuttamisperiaate.



Kuvio 11 Virheanalyysijärjestelmän toteuttamisperiaate Pinhon (2015) mukaan.

1. Tiedonkeruu

Taulukossa 2 esitetään lämmitysjärjestelmän laitteista kerättävää tietoa Pinhon (2015) mukaan. Myös mitä tahansa muita reaalisia tai virtuaalisia mittapisteitä voidaan seurata.

Taulukko 2 Ilmanvaihdon laitteet, joista x-kirjaimella on merkitty tiedonkeruu.

Laite \ Mittaus	Käyntitilat	asetus- ja oloarvo	Kosteus	Lämpötila	Taajuusohje	Kuormitus
Pumput	x	x			x	x
Huonetilat		x	x	x		
Venttiilit		x				
Jäähdytyskompressorit	x	x			x	x

2. Perusuran asettaminen

Energiankulutuksen perusuraa voidaan verrata myös yksittäisiin virheisiin tai niiden tunnistussääntöihin.

3. Diagnostiikan asettaminen

Tarkoitetaan sellaisten ajo- tai toimintatapojen kulutusarvojen tai tilojen asettamista, joihin sen hetkistä toimintaa voidaan verrata. Diagnostiikkatilojen raja-arvoja tulisi muokata aina, kun optimaalisempi tapa toimia on tiedossa.

4. Toiminnan diagnosointi

Nykyistä tilaa tarkastellaan ohjausjärjestelmän ja ohjattavien laitteiden näkökulmasta. Ohjausjärjestelmän auditoinnissa tarkastellaan mitattavien pisteiden oikeellisuutta, oikeat trendit ja laitetunnukset tietyille mittapisteelle. Muistetaan myös tarkastella mahdollisesti diagnostiikan ulkopuolelle jääneitä laitteita tai mittapisteitä.

5. Muutosten implementointi

Jos toiminnan ja suunnittelun välillä havaitaan eroja, ne korjataan.

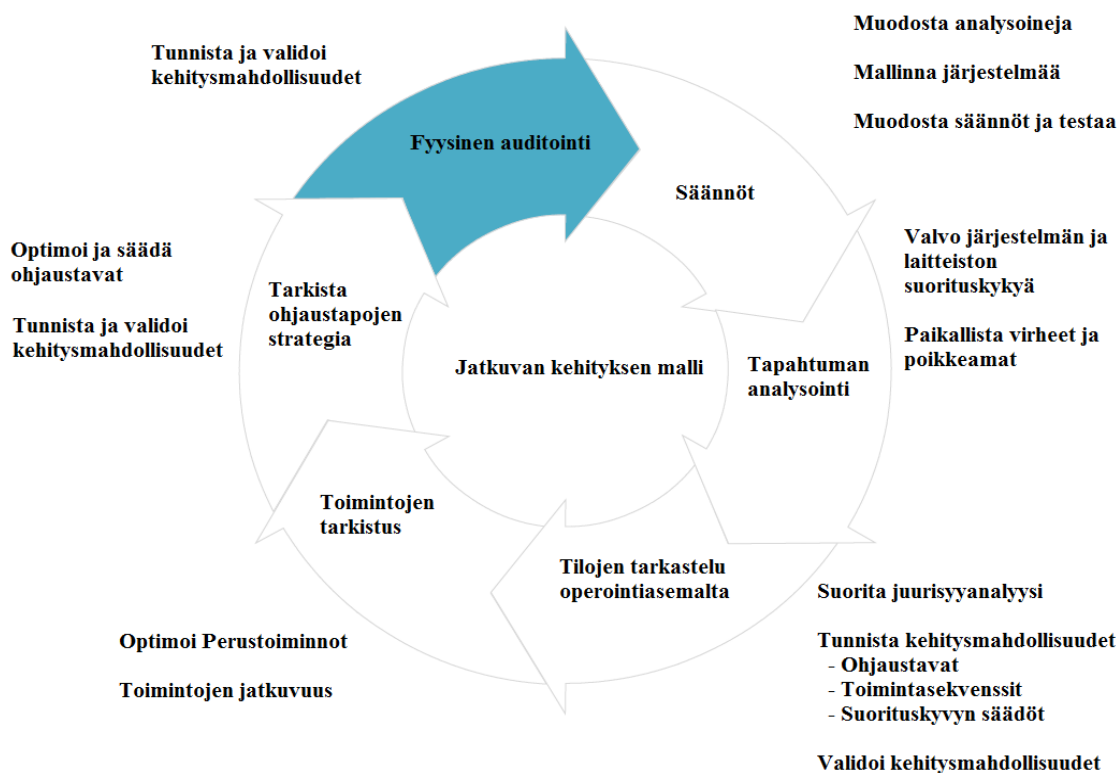
6. Sääntöjen implementointi

Kun laitteiden ja säätöpiirien toiminta on saatettu hyväksyttävälle tasolle, virheentunnistusalgoritmien säännöt muodostetaan niiden perusteella. Säännöillä valvotaan, olennaista muutosta prosessissa tai toimintatavoissa. Säännöt voidaan luokitella esimerkiksi seuraavan tavan mukaan:

- prioriteetti: matala, keskitasoinen, korkea
- kustannus tuntia kohden: energia- ja/tai kunnossapitokustannusten yhteiskulutus tai säästö tuntia kohden.
- tiedonkeruuväli: kuinka usein sääntöalgoritmia suoritetaan, esimerkiksi 15 minuutin välein.
- viiveaika: kuinka pitkän aikaa hälytystila on pidossa, toisin sanoen virheen ilmaannuttua, aika jolloin ilmoitus aktivoituu. Tällä viiveajalla vältetään turhilta ilmoituksilta.

Normaalissa käyttötoimintatilanteessa virheen ilmaannuttua järjestelmää käyttävä henkilö suorittaa toiminnan virheanalyysin, jolla paikallistetaan virheen alkuaiheuttaja. Virheentunnistussekvenssin vaiheiden kautta käyttäjä saa tiedon, onko virhe aiheutunut ohjauksellisesta, käyttäjä-, prosessi- tai laiteperäisestä virheestä. Jatkotoiminnot suoritetaan ohjeistetun tai päätetyn tavan mukaisesti. Käyttöhenkilön tulisi virheanalyysissä noudattaa jatkuvan kehittämisen mallin mukaista iteratiivista prosessia

(kuvio 12). Kaaviossa ei ole varsinaista aloitusvaihetta vaan sen vaiheita voi virheen ilmaannuttua valita sen hetkisen toimintatilanteen mukaan. (Pinho 2015: 5-6.)



Kuvio 12 Jatkuvan virhediagnostiikan kehityksen malli Pinhon (2015) mukaan.

2.5. Energian kulutuksen vertailu

Yksinkertainen tapa verrata energiahallinnan kokonaistehokkuutta on tarkastella laskuja vastaavaan ajanjaksoon vastaavana ajankohtana (esimerkiksi: tammikuu 2014 ja tammikuu 2015), tämä ei kuitenkaan ole aina niin järkevää ja vertailukelpoista. Suuri vaikuttaja vertailun luotettavuuteen on sää ja erityisesti ulkolämpötila ja tuulisuus.

2.5.1. Lämmitys tai jäähdytyspäivät

Ilmatieteenlaitoksen sivuilla (2015) kerrotaan, että lämmitystarveluvulla ”normeerataan toteutuneita lämmitysenergian kulutuksia, jotta voidaan verrata toisiinsa saman raken-

nuksen eri kuukausien tai vuosien kulutuksia ja eri kunnissa olevien rakennusten ominaiskulutuksia”. Luvun käyttö perustuu rakennuksen energian käytön verrattavuuteen sisä- ja ulkolämpötilojen erotuksen perusteella. Yleisimmin käytetty peruslämpötilaluku on S17, jossa +17 °C:ksi oletetun sisälämpötilan ja ulkolämpötilan vuorokausikeskiarvon erotuksesta lasketaan päiväkohtainen luku. Voidaan myös laskea kuukausittainen ja vuosittainen luku, jotka lasketaan vuorokautisten ja kuukausittaisten lukujen summana (Capehart ja Middelkoop 2011: 211-217).

Lämmitys- ja jäähdytystarveluvun laskennassa olennainen asia on eri rakennusten peruslämpötilan määrittely, johon vaikuttavat:

- huoneen tai työtilan haluttu lämpötila
- kuinka paljon on ihmisistä, laitteista ja muista kohteista muodostuvia rakennuksen sisäisiä lämmönlähdettä
- rakennuksen eristys
- rakennuksen lämmitystapa
- auringon säteily
- ilmanvaihto.

Erittäin tarkan astepäiväluvun laskennassa tarvittaisiin äärettömän monta mittapistettä, joiden avulla voitaisiin laskea määrätty integraali.

$$\text{Astepäiväluku} = \int_{t_1}^{t_2} (T_p - T_u) dt, \quad (3)$$

missä

t_1, t_2 = tarkastelun aikarajat,

T_p = peruslämpötila ja

T_u = ulkolämpötila.

Riittävän tarkka tapa laskea astepäiväluku on laskea päivän jaksojen keskiarvoa, jossa 24 tunnin aikajakso jaetaan tasamittaisiin osiin. Peruslämpötilasta vähennetään jokaisen

osan minimi- ja maksimilämpötilasta laskettu keskiarvo. Jokainen osa summataan yhteen ja näin saadaan sen päivän astepäiväluku. Tarveluvun peruskaava on:

$$Astepäiväluku = \sum \left(T_p - \left(\frac{T_{min} + T_{max}}{2} \right) \right) * \Delta t, \quad (4)$$

missä

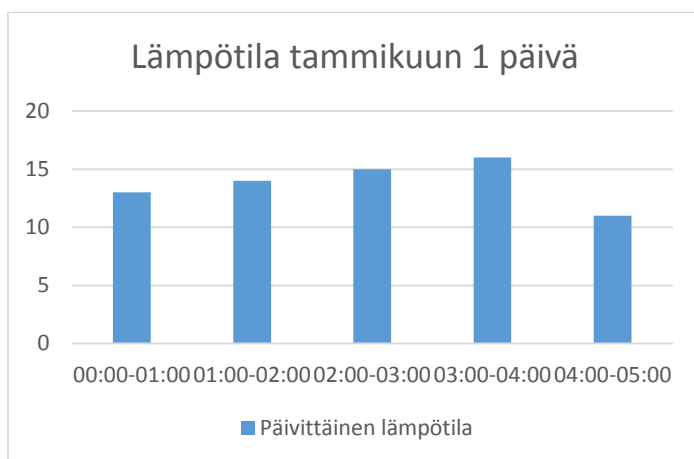
- T_p = peruslämpötila,
 T_{min} = ajanjakson minimilämpötila,
 T_{max} = ajanjakson maksimilämpötila ja
 t_{Δ} = mittausajanjakson pituus / 24 h.

Esimerkki 17 °C peruslämpötilan mukaan: Kuviossa 13 esitetään keskimääräiset lämpötilat tammikuun ensimmäisenä päivänä kello:

00:00–01:00 välisenä aikana 13.0 °C

01:00–02:00 välisenä aikana 14.0 °C

ja niin edelleen tunnin jaksoissa.



Kuvio 13 Tammikuun ensimmäisen päivän keskimääräiset lämpötilat viideltä ensimmäiseltä tunnilta (The Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE) 2006).

Ajankohdista lasketaan sen hetkiset tarveluvut kaavan (2) avulla:

$$((17\text{ °C} - 13\text{ °C}) * 1/24) +$$

$$((17\text{ °C} - 14\text{ °C}) * 1/24) +$$

ja niin edelleen jokaisen tunnin tarveluvut lasketaan yhteen, jolloin saadaan päivän tarvelukema = 2 °C.

(The Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE) 2006.)

2.5.2. Regressioanalyysi

Regressioanalyysi on tilastollinen menetelmä, jolla voidaan tutkia yhden tai useamman muuttujan vaikutusta selitettävään muuttujaan. Energiankulutuksen ja ulkolämpötilan välillä on yhteys, jonka osuutta pyritään regressioanalyysin avulla selventämään. Analyysin syötteiksi valitaan viikoittaisia tai kuukausittaisia säätilasta riippuvia energiankulutuksen mittaustietoja ja niitä vastaavat lämmitys- tai jäähdytystarvepäivät. Laskennan kannalta on olennaista käyttää analyysissä vain lämpötilariippuvaista mittaustietoa vähentämällä rakennuksen peruskuorma kokonaiskulutuksesta. Peruskuorma mielletään usein kulutukseksi, joka on päällä aina ja myös tuotannon ulkopuolella. Tämä tapa ei kuitenkaan ole oikea vaan peruskuorma on kaikki kulutus, mikä ei ole riippuvainen säätilasta, esimerkiksi: valaistus, elektroniikka ja tuotantokojeet. Analysoitaessa kulutuksia peruskuorma oletetaan vakioksi. On olemassa kaksi yleistä tapaa, joilla voidaan määritellä kuukausittaisen energiankulutuksen peruskuorma:

- Regressioanalyysin avulla, kun esitetään kuukausittaiset energiakulutuksen arvot, lämmitys tai jäähdytyspäivien funktiona, arvo, jossa regressiosuora ylittää y-akselin on rakennuksen peruskuorma.
- Jäähdytyspäivien avulla, jos rakennuksen jäähdytys kytketään pois päältä talviaikaan, voidaan peruskuorma saada arvioitua keskiarvottamalla energiankulutus kuukauden tai viikon ajalta.

Regressioanalyysin tuloksista voidaan tulkita myös rakennuksen lämmitysjärjestelmän toimivuutta. Hajonnan ollessa suuri voidaan päätellä, että lämmitysjärjestelmä ja sen säästöpiirit toimivat huonosti. (DegreeDays 2015.)

2.5.3. Perusuran asettaminen

Perusura muodostetaan, jotta voidaan verrata jaksottaisia kulutuksia. Vertailua voidaan suorittaa monella eri tavalla, kuten esimerkiksi:

- Vuosittainen kulutus on yksi helpoimmista tavoista verrata kulutusta. Tämä tapa sopii hyvin rakennuksiin, jossa ulkoiset vaikutteet eivät vaikuta paljoa kulutukseen. Tämä tapa voi olla huono vertailukeino, jos on merkittäviä kulutusmuutoksia.
- Keskiarvoistetulla kuukausittaisella vertailulla tarkastellaan esimerkiksi kaikkien viiden kuluneen tammikuun kulutuksia toisiinsa. Tässäkin tavassa poikkeavat kulutusmuutokset aiheuttavat epävarmuutta tuloksiin.
- Lineaarisella regressiolla voidaan verrata energiankulutuksen selitettävyyttä ulkoisten vaikutusten avulla. Ulkoisia vaikutteita voivat olla lämmitys- ja jäähdytyspäivät tai tuotantomäärät.
- Vertailu muihin vastaaviin rakennuksiin. Vertailuarvoina voidaan käyttää: kWh/tuotantoyksikkö, kWh/m², kWh/lämmitys- tai jäähdytyspäivä. Tämä tapa vaatii regressiosuoran sovittamista mittaustuloksiin, jotta vertailussa voidaan saavuttaa varmempi tulos. Tällä vertailulla saadua usein epätarkkoja tuloksia ja sitä käytetäänkin usein vain raportointitarkoituksessa rakennuksia vertailtaessa. (Pinho 2015: 2.)

Perusuran korjauskeroimella voidaan vaikuttaa tulosten vertailuun, kun energian kulutuksessa on merkittäviä kulutusmuutoksia. Regressioperusuraa tulisi korjata sellaisilla muuttujilla, joiden oletetaan muuttuvan rutiininomaisesti mittausjakson aikana, kuten säätila tai tuotantomäärät. Kaikkia muita perusuria tulisi korjata ei rutiininomaisilla korjauksilla, kuten rakennuslaajennuksen, tuotannonmuutoksen tai energian säästötoimenpiteiden aiheuttamilla vaikutuksilla. Tavoitteiden asettelussa voidaan tavoite jakaa lineaarisesti jokaiselle kuukaudelle, esimerkiksi vuotuisen energiasäästötavoitteen ollessa viisi prosenttia voidaan olettaa kuukausittaiseksi tavoitteeksi noin 0,4 prosenttia. (Pinho 2015: 3.)

2.6. Tapaustutkimukset

Tapaustutkimuksien esittämisen tavoitteena on antaa suppea kuva käytännössä toteutetuista energiansäästöön johtavista toimista. Tapaustutkimukset ovat eräältä teurastamolta, paperitehtaalta ja toimistorakennuksesta.

2.6.1. Energianhallinta

Karja- ja lammasteurastamon energia ja vesi -säästöohjelmassa toteutettiin monitorointi- ja kohdennusjärjestelmän avulla säästötoimia. Järjestelmä valvoo:

- öljyn, sähkön sekä kylmän että lämpimän veden kulutusta
- kylmä- ja pakkastilojen lämpötiloja, sekä ovien aukioloaikoja
- kylmä- ja lämpölaitoksen käyntitiloja
- rasva- ja sivutuotelaitosten lämpötiloja
- tiettyjen alueiden polttoaineen ja vedenkulutusta.

Höyryn, kuuma- ja kylmävesien ja sähköenergiankulutusta ja asetettujen tavoitearvojen toteutumista valvotaan kohdistetusti teurastus, luuttomaksi leikkuu, toimisto-, rasva ja sivutuote -osastoilla. Erityisesti valvonnan ja säästöjen raportoidaan onnistuneen lämpimän veden kulutuksessa. Onnistumisen uskotaan johtuvan siitä, että lämpimän veden käytön vähentämisen tavat ovat helppoja kaikkien ymmärtää. Vedenkulutuksen vähentämisestä on muodostunut jopa kilpailua työhenkilöstön keskuudessa. Sähkön, öljyn ja veden kulutuksista ja säästöistä myös tiedotettiin jatkuvasti tuotantohenkilöstölle. (European Commission 2009: 173-174.)

2.6.2. ISO 50001 -standardi

Eräs suomalainen paperitehdas oli päättänyt toteuttaa ISO 50001 -standardin mukaiset vaatimukset eräässä tuotantoyksikössään. Yksikössä on määritelty tehtaan ja tuotantolinjojen johdolle, prosessi- ja tuotekehitykselle, tuotannon suunnittelulle, tuotannon toimihenkilöille sekä prosessinohitajille omat tehtävät ja vastuut liittyen energiatehokkuuteen johtamisjärjestelmään. Energiatehokkuuden ja sen johtamisjärjestelmän kehittämisestä

vastaa energiatehokkuusryhmä, jonka toiminnasta vastaa energiatehokkuusjohtamisjärjestelmän johtaja ja operatiivisesta toiminnasta energiatehokkuuspäällikkö. Energiatehokkuutta seurataan erityisellä seurantajärjestelmällä, josta voidaan tarkastella sähkön, höyryn, veden, polttoaineen ja paineilman kulutusta. Järjestelmään on muodostettu energian perusurat ja energiatavoitteet. ”Energiatehokkuutta hallitaan huomioimalla energiatehokkuus tuotannonohjauksessa sekä energiatehokkuuspoikkeamien ennaltaehkäisyllä ja korjaamisella.” (Jalander 2015: 67-68.)

2.6.3. Virheentunnistus

Eräässä kohteessa implementoitiin virheentunnistusjärjestelmä, joka automaattisesti paikallistaa toiminnan mahdollisen poikkeaman. Virheentunnistusalgoritmiä suoritetaan 15 minuutin aikavälein, joka määräytyi järjestelmän suorituskyvyn mukaan ja jokaiselle aktiivintiviiveelle arvioitiin sopiva aika virheen vakavuuden mukaan. Jokaisessa tunnistussäännössä on yksinkertainen kustannusarviointi-ominaisuus, joka laskee arvioidun menetyksen, virheen paikallistamisen hetkestä lähtien. Seuraavassa esitetään kaksi sääntöesimerkkiä:

JOS $C_{\text{ilma}} > C_{\text{asetus}}$ JA $S_{\text{asetus}} = 100\%$, NIIN, Jäähdytyskennon maksimikäyttö, (1)

missä

C_{ilma} = huonelämpötila,

C_{asetus} = huonelämpötilan asetusarvo ja

S_{asetus} = jäähdytyspatterin syöttöventtiilin asetusarvo.

Asetuksen ja mittauksen eroarvon ollessa yli puolituntia asetetun arvon ylitse, virhe aktivoituu. Aiheuttajana voivat olla jäähdytysnesteen korkea lämpötila, likainen jäähdytyskenno tai epärealistinen asetusarvo, joka ei ole toimintaohjeiden mukainen.

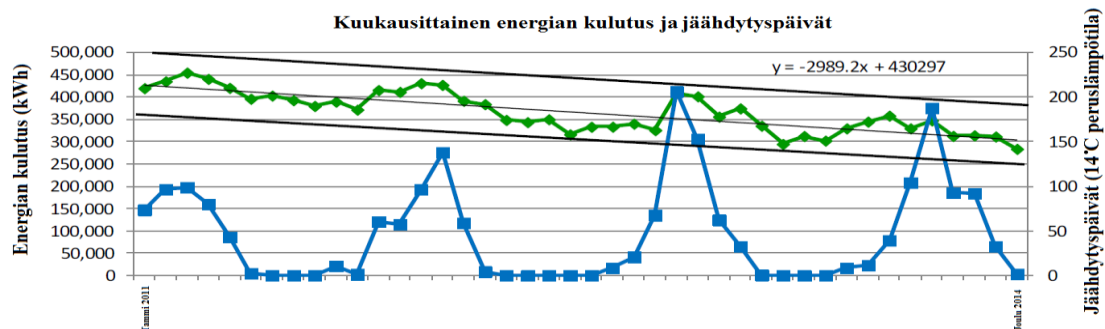
JOS $FAN_{1-5} \geq 4$, NIIN, UPS – jäähdytyspuhaltimet ylikäytöllä, (2)

missä

FAN_{1-5} = jäähdytyspuhaltimet 1 – 5 käytitieto.

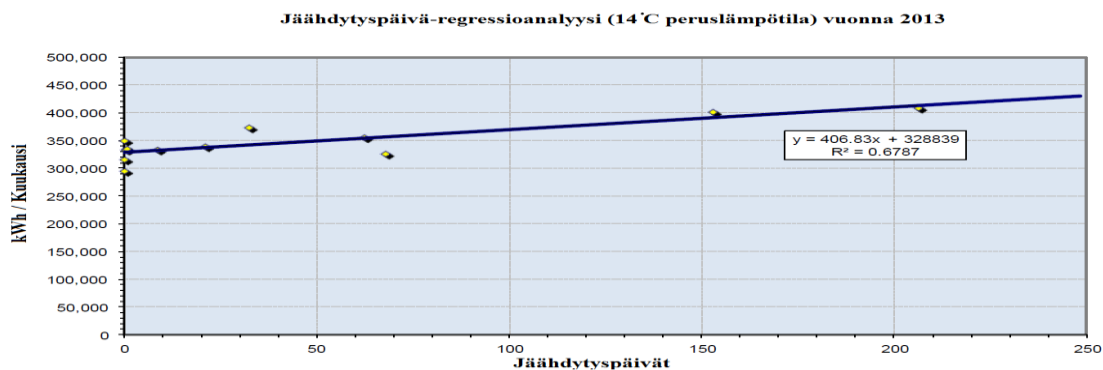
UPS-keskuksen huoneen jäähdyttää viisi jäähdytyskennolla varustettua puhallinta, joista kolmen samanaikainen toiminta pitäisi riittää saavuttamaan haluttu asetusarvo. Virheen aktivoituessa mahdollisina aiheuttajina voivat olla anturivirhe, oletettua korkeammat lämpökuormat tai likainen jäähdytyskenno. (Pinho 2015:10.)

Virheentunnistusalgoritmien käytöllä yrityksessä saavutettiin noin 7 %:n vuotuiset säästöt kolmen vuoden aikajaksolla (kuvio 14).



Kuvio 14 Kuukausittainen energiankulutuksen ja jäähdytyspäivien vertailu, jossa y-akselin arvoina ovat energiankulutus ja jäähdytyspäivät, x-akselin arvoina ovat kuukaudet. Kaaviossa on esitetty energiankulutuksen mittapisteisiin sovitettu suora ja sen yhtälö (Pinho 2015:13).

Rakennukseen sopivaksi jäähdytyspäivien asteluvuksi oli määritelty regressioanalyysin avulla 14 °C, kuviosta 15 huomataan regressiosuoran selitysoosuudeksi noin 0,68, joka ei välttämättä selitä hyvin kyseisen peruslämpötila sopivuutta. Kyseinen arvo sai kuitenkin korkeimman selitysoosuuden (Pinho 2015:13).



Kuvio 55 Regressioanalyysi, jossa selittävänä muuttujana on jäähdytyspäivät ja selitettävänä arvona energiankulutus. Kuvassa esitetään regressiosuora, sen yhtälö ja selitysoosuus R^2 (Pinho 2015:13).

3. ENERGIANHALLINTA EURASSA

Tässä luvussa esitetään Euran teurastamon energiankulutuskohteita ja niiden raportointitapa sekä tarkastellaan energianhallinnan tavoitetilaa automaation näkökulmasta. Euran teurastamoon toimitetaan noin 128000 kpl lähialueella kasvatettua broileria viikon jokaisena arkipäivänä. Yksikkö toimittaa noin 55 prosentin osuuden Suomessa käytetystä broilerista. Tuotteita toimitetaan myös Baltiaan, Kiinaan, Venäjälle ja Ruotsiin. Tuotteita valmistetaan pääasiassa Kariniemen-tuotemerkillä, mutta myös monilla eri kauppojen tuotemerkeillä muun muassa Pirkka, Rainbow, Kotimaista ja Kanamestari. Eurassa työskentelee noin 550 henkilöä, joista noin 80 on laboratorio-, markkinointi-, myynti-, tuotekehitys tai muita toimihenkilöitä.

3.1. Nykyinen tila

Energiaa kulutetaan tuotantoprosesseista eniten kaltausveden lämmitykseen ja lintujen jäähdytykseen käytettävään kylmärataan. Laitteiden ja tilojen pesuun käytetään lämmintä vettä, jonka lämmitys onkin suurin yksittäinen kulutuskohde kokonaiskulutuksesta.

3.1.1. Lämpö

Kattila- tai voimalaitokselta, joka käyttää öljyä, kivihiiltä, puuta, turvetta tai muuta poltettavaa ainetta vaaditaan ilmansuojelulain mukainen ilmalupa (Finlex 1986). Lisäksi jos rekisteröitävien höyry- tai kuumavesikattiloiden yhteenlaskettu teho on yli 1MW tai niistä yhdenkin suurin sallittu käyttöpaine yli 10bar vaaditaan käytön valvojalta painelaitelain 10§:ssä säädetyn asiantuntemuksen lisäksi pätevyyskirjoista annetun asetuksen (891/1999) mukainen pätevyys (Lainsäädäntö 953/1999 1999).

Tehtaan tilojen lämmitys, lämmin käyttövesi ja höyry tuotetaan kolmella erillisellä öljykattilalla. Kattiloiden nimellistehot ovat 1,4 MW, 1,5 MW ja 1,6 MW, yhteenlaskettu teho on 4,5 MW. Lisäksi ulkovaraston lämmitykseen on 0,75 MW:n kattila ja varakattila

0,55 MW:a, joiden yhteenlaskettu teho on 1,3 MW. Kaikkien kattiloiden yhteenlaskettu teho on 5,8 MW.

3.1.2. Sähkö

Sähkölaitteiston osien nimellisjännitteen noustessa yli 1000 voltin tai liittymistehon ollessa yli 1600 kilovoltiampeeria, ”sähkölaitteiston haltijan on nimettävä käyttöitä var-ten käytön johtaja”. Käytön johtajana voi toimia sähkölaitteistoa sopimus pohjaisesti hoi-tavan kunnossapitoyrityksen henkilö, ”kun sähkölaitteistoon kuuluu enintään kolme ni-mellisjännitteeltään enintään 20 kilovoltin muuntamoaa tai muuntamoon rinnastettavaa erillistä yli 1000 voltin nimellisjännitteistä kytkinlaitosta” (Kauppa- ja teollisuusministeriö 1996).

Tuotantorakennuksen sähköliittymässä on kaksi 20 kV muuntajaa. Jännite jaetaan pää-muuntajalta kuudelle 400 V muuntajalle. Sähköenergiankulutusta seurataan kaukoluetta-valla päto- ja loistehoa mittaavalla energiamittarilla, jossa on yhden tunnin mittausjakso.

Sähköenergiaa käytetään tehtaan kylmäkompressorikoneistoissa, jotka kuluttavat yli kol-manneksen kokonaisenergiankulutuksesta (37,5 %). Muita merkittäviä kulutuskohteita ovat tuotantolaitteet, ilmanvaihtokoneet ja ali- ja ylipaineilmajärjestelmä. Tuotantolait-teiden, ilmanvaihtokoneiden ja kylmäkompressoreiden moottoreiden vuosittainen sähkö-energiankulutus on noin 19,2 % 13,9 % ja 13,1 % kokonaiskulutuksesta.

3.1.3. Vesi ja jätevesi

Teurastamossa kulutettiin kunnan vesijohtoverkostosta syötettävää vettä vuonna 2014 noin 370000 m³, josta lämmitettiin noin 40 %. Suurin kulutuksen aiheuttaja on laitteiden pesuun käytettävä vesi, jonka osuus kokonaiskulutuksesta on noin 28 %. Jäteveden puh-distamolle vedet johdetaan tehdastiloista lattiakaivojen sekä teurastamosta ja leikkaa-mosta avokanavien kautta. Teurastamon avokanaaliin kuuluvat höyhen- ja suolikanaalit. Höyhenkanaalissa vettä kierrätetään yhden päivän ajan, kierron alkaessa kyninnästä ja

päätyen höyhenen erotukseen. Suolikanaalin ja lattiakaivojen vedestä erotetaan 2–3 millimetrin kiilalankaseulalla kiintoaine, joka johdetaan homogenisaattorin säiliöön ja edelleen hapotettavaksi. Broilerikuljetusmodulien pesuvedet suodatetaan ja ohjataan teuras-tamon viemäriin.

Jätevedenpuhdistuksen ensimmäinen vaihe on kiintoaineen erotus kiilalankaseulalla. Toinen vaihe on flotaatio, jossa rasva flokkuloinnin avulla erotetaan ja kaavitaan veden pinnalta rasvatankkiin poiskuljetettavaksi. Kolmantena vaiheena on ilmastus, jossa veteen johdetaan ilmaa kompressoreilla, jotta aerobisilla bakteereilla olisi paremmat mahdollisuudet puhdistaa jätevettä. Ilmastusvaiheesta vesi valuu ylivuotona jälkiselkeytykseen, jossa kiintoaine painuu pohjaan ja vesi johdetaan Euran kunnan jätevedenpuhdistamolle. Kiintoaine kerätään tiivistämöön, jossa kiintoaine painuu pohjaan ja vesi ylivuotona takaisin ilmastukseen ja kiintoaine kerätään poiskuljetettavaksi. (HKScan 2015.)

3.1.4. Käyttöhyödykkeiden raportointi

Käyttöhyödykkeiden kulutuksista ja kustannuksista kerätään kuukausittain tietoa taulukko-ohjelmaan, johon tiedot syötetään käsin mittarilukeman tai laskusta saadun summan perusteella. Energianmittauksen lukema saadaan luettua Enerkey-energianraportointijärjestelmästä sekä öljyn kulutuksesta ja jäteveden määristä muodostetaan tiedot Report Plus-ohjelmistoon. Laskutusaikaväli on yksi kuukausi ja saapumisajankohta (pois lukien vesilasku) on kahdesta neljään viikkoon laskutusaikavälin jälkeen, vesilaskun saapumisajankohta on noin kuukaudesta kahteen (Paavola 2015). Tällä hetkellä taulukko-ohjelmaan kerättävät tiedot käyttöhyödykkeistä ovat: sähkö/energia, lämpö, vesi, jätevesi, typpi, hiilidioksidi ja happi, joista ilmoitetaan muun muassa seuraavat tiedot: kulutus, ominaiskulutus, kustannus ja yksikkökustannus. Lisäksi kaikista mittaustuloksista esitetään graafisesti niiden vuosittainen kehitys (HKScan 2015). Taulukossa 3 esitetään otos mainituista taulukko-ohjelman tiedoista ja syöttökentistä.

Taulukko 3 Otos HKScan Euran teurastamon käyttöhyödykkeiden kulutusraportista.

HKSCAN FINLAND OY, EURA	KÄYTTÖHYÖDYKKEIDEN KUL				
HYODYKE	tammikuu (alv 0%)	helmikuu (alv 0%)	maaliskuu (alv 0%)	huhtikuu (alv 0%)	toukokuu (alv 0%)
SÄHKÖ					
kulutus MWh	1 205	1 400	1 002	1 400	2 000
ominaiskulutus kWh/kg	0,25	0,21	0,29	0,27	0,65
kustannus €	90 576	84 311	93 601	80 859	81 760
yksikkökustannus snt/kWh	7,52	6,02	9,34	5,78	4,09
kustannus snt / kg	1,85	1,26	2,68	1,58	2,66

Teurastamolla kulutetaan monia kemikaaleja, kuten polttoöljy, voiteluöljyt, joiden vuosikulutukset vaihtelevat monesta tuhannesta kilosta muutamaan spray-purkkiin. Kaikista kemikaaleista pidetään yllä taulukointitiedostoa, jonne tallennetaan muun muassa varastossa olevan kemikaalin maksimisäilytysmäärä ja keskimääräinen käyttö vuodessa. Kulutusarvot todetaan kauppalaskuista. Taulukossa 4 on esimerkki taulukko-ohjelman merkinnöistä.

Taulukko 4 Otos varastossa säilytettävistä kemikaaleista, joista ilmoitetaan seuraavat tiedot: tyyppi, astian koko, käyttökohde, varastomäärä ja nimikkeen vuotuinen kulutus.

MERKKI+Tyyppi	Astian koko	KÄYTTÖ	Varastossa L/ kg	Varastossa/ KPL	Käyttö KPL/ a
ANDEROL FGH 46 (provide the name of your supplier)	20/208 L	HYDRAULIIKKAÖLJY	40/208 L	2/1	2/2
ANDEROL 555 (provide the name of your supplier)	20 L	VAKUUMIPUMPPUÖLJY	40 L	2	5
MOBIL MOBILGREASE XHP222	20 L	RASVA	40 L	2	0
MOBIL SHC CIBUS 150	208L	VAIHEISTO/ KIERTOVOITE	150 L	1	0
MOBIL MOBILGREASE FM101	20 L	RASVA	20 L	1	0
MOTUL 6100 SYNERGIE + 10W-40 (provide the name of your supplier)	5 L	MOOTTORIÖLJY	5 L	1	1
PETRO CANADA PURITY FG WO 15	20L/205L	TERÄVOITELU	60L/205L	3/1	2/1
PETRO CANADA FG00	20 L	RASVA	20 L	1	1

3.2. Tavoitetilä

Tässä kappaleessa esitetään yleisiä suosituksia ja ohjeita automaation ja mittauksien toteuttamisesta erityisesti elintarviketeollisuudessa. Yleisenä periaatteena kaikissa laitteissa ja mittaustekniikoissa on niiden perustuminen parhaimpaan saatavilla olevaan sen hetkiin tekniikkaan ja hyväksi todettuihin käytäntöihin.

3.2.1. Automaatio lämpölaitoksella

Polttoaineiden tuotantotekniikoiden kehittymisen myötä polttoainevalikoimaa on voitu laajentaa, esimerkiksi leijukerros poltto yli 5MW:n ja stokeripolttu pienemmässä teholuokassa. Polttoaineiksi kiinteän polttoaineen kattilaan sopivat metsähake, turve, kuori, puru, puhdas kierrätyspuu, puupelletti ja korsimaiset peltobiomassat.

Pienillä 0,5–5 MW:n lämpölaitoksilla suositellaan automaatioon ja valvontaan seuraavia ominaisuuksia Energiategollisuus ry:n ja Ympäristöministeriön (2012) mukaan:

- ”kameravalvonta (piha, polttoaineen vastaanotto, siilot ja käsittelylaitteet, kattilahuone, valvomo)
- häkäilmaisimet polttoaineen käsittelylaitteisiin, kattilahuoneeseen ja valvomoon tavanomaisen palovalvonnan lisäksi
- muut viranomaisen edellyttämät ja omaan käyttöön tarvittavien toimintatietojen keruu.

Polttoaineen käsittelyn osalta:

1. syöttösiilojen ja -suppiloiden ylä- ja alarajavalvonta
2. ruuhkavahdit, esimerkiksi kuljettimien risteyskohtiin
3. polttoaineen syötön portaaton säätö tehontarpeen mukaan.

Polton ja kattilan osalta:

4. säätötoimilaitteissa (puhaltimet ja pumput) taajuusmuuttajakäytöt
5. savukaasujen lämpötila- ja jäännöshappimittaus
6. polttotehon portaaton säätö (tavallisesti menoveden lämpötilan mukaan)
 - ensiöilman määrä tehontarpeen mukaan
 - toisioilman määrä savukaasujen happipitoisuuden mukaan
 - erilliset puhaltimet ensiö- ja toisioilmalle
7. tulipesän lämpötilan mittaus ja säätö
 - perussäätö tavallisesti savukaasujen takaisinkierrätyksellä ja ilmajaolla (vaikuttaa NO_x- ja CO-päästöihin)

- lämpötilan asetuksen minimi- ja maksimiarvot määräytyvät tapauskohtaisesti
8. tulipesän alipaineen mittaus ja säätö
- alipaineen asetusarvon mukaan säätyvä savukaasupuhallin
 - hälytys takapalon vaarasta
9. paluuveden lämpötilan säätö, asetusarvo 80...85 °C
10. palamisen puhtaus
- pienissä kattiloissa varmistetaan tulipesän lämpötilaa ja jäännöshappipitoisuutta säätämällä
 - luotettava tieto palamisen puhtaudesta vaatii savukaasujen häkäpitoisuuden määrittämisen (mittausvelvoite yli 5 MW kattiloissa)
 - savukaasujen häkäpitoisuus enintään 1000 mg/m_n³.

Palokaasujen palamisen hyvyyttä kuvaavaa häkäpitoisuutta tulisi tarkastella ensisijaisesti säätöparametrina ja toissijaisesti päästöarvona. Palokaasujen CO-pitoisuus kuvaa palamisen hyvyyttä ja sen hallinnan avulla voidaan vaikuttaa kattilan käytettävyyteen ja haitallisten päästöjen määrään. (Energiateollisuus ry ja Ympäristöministeriö 2012:5).

3.2.2. Mittaukset kaukolämpölaitoksella

Kulutuskohteeseen siirrettyä lämpöenergian määrää voidaan tarkastella lämmönjakokeskuksen läpi virranneen nesteen massan, nesteen ominaislämpökapasiteetin ja lämpötilaeron perusteella. Lämpöenergiaa mitataan tarkoituksen mukaisella laitteistolla, joka voi olla joko itsenäinen tai virtausanturista, lämpöanturiparista ja laskimesta koostuva yhdistelmämittari. Kaukolämpömittauksissa käytetään nykyään useammin magneettisia ja ulträäneen, kuin mekaanisia ja paine-eroon tai värähtelyyn perustuvia mittausmenetelmiä. (Energiateollisuus ry 2008: 8-10) Asiakkaan tarpeiden mukaan voidaan mittari varustaa lisäominaisuuksilla, kuten tietoliikenneominaisuudet ja pulssiliitäntä (Energiateollisuus ry 2008: 20). ”Mittauskeskuksessa tulisi mahdollistaa vertailumittauksen tai mittauksen tarkastuslaitteiston asennus sopivien putkiyhteiden asennuksella” (Energiateollisuus ry 2008: 23).

Energiateollisuus ry:n asettamassa liityntä- ja lämmönmyyntiehdossa määritellään lämpöenergianmittauksista muun muassa seuraavaa:

- Asiakkaalle toimitettava lämpöenergia mitataan lämmönmyyjän mittauslaitteilla. Mittauslaitteet ovat voimassa olevien lakien, asetusten ja standardien mukaisia.
- Mikäli asiakas haluaa siirtää omaan seurantajärjestelmäänsä tiedot kulutetuista lämpö- ja vesimääristä, lämmönmyyjä asentaa lisälaitteet mittariinsa tai asentaa vaadittavat ominaisuudet sisältävän uuden mittarin asiakkaan kustannuksella (Energiateollisuus ry 2010: 5).

3.2.3. Mittaukset vedenotossa

Elintarviketeollisuudessa käytetyltä talousvedeltä vaaditaan laatu-ominaisuuksia, jotka on määritelty lainsäädännössä (Finlex 2000). Laatuhäiriöitä ovat esimerkiksi mikrobiologiset, kemialliset ja teknis-eettiset häiriöt. Mikrobiologinen häiriö johtuu veteen päässeen sinne kuulumattoman aineen saastuttamisesta tai puhdistusprosessin toimimattomuudesta. Mikrobiologisen saastumisen indikaattoreita ovat vedestä säännöllisesti mitattavat koliformiset bakteeri, *Escheria coli* ja suolistoperäiset enterokokki -arvot. Kemiallinen häiriö talousvedessä on harvinaisempi laatuhäiriö kuin mikrobiologinen häiriö ja yleensä myös seurauksiltaan lievempi. Kemiallisen häiriön aiheuttaa usein lipeänsyötön häiriö veden pH-säädössä. Teknis-eettiset virheet ovat fyysisen olomuodon muutoksia, kuten haju, maku, väri tai sameus. Teknis-eettinen virhe voi johtaa elintarvikkeen laatumuutokseen, mutta ei ole yleensä ihmiselle vaarallinen. (Elintarviketeollisuuden vesihuolto-opasluonnos 2013: 5-7.) Veden laadunvalvonta on elintarviketeollisuudessa jatkuvaluonteista näytteenottoon perustuvaa laboratoriossa suoritettavaa omavalvontamittausta. Laatu voidaan valvoa myös automaattisesti jatkuvatoimisena, laatumittauksia ovat: pH-, johtokyky, kovuus ja sameusmittaukset (Elintarviketeollisuuden vesihuolto-opasluonnos 2013: 22).

3.2.4. Automaatio jätevesilaitoksella

Jätevesilaitosten toimintojen ja prosessien kartoittamiseksi eräs työryhmä teetti kyselyn ympäri Suomea sijaitseville puhdistamoiden vastaaville henkilöille. Kyselyssä oli mukana 57 puhdistamo, jotka oli jaettu kolmeen ryhmään virtaaman perusteella. Kokoluokat olivat: $Q > 10000 \text{ m}^3/\text{d}$, $10000 > Q > 1000 \text{ m}^3/\text{d}$ ja $Q < 1000 \text{ m}^3/\text{d}$, joista isoimpia oli 20 kappaletta, keskikokoisia 24 kappaletta ja pienimpiä 13 kappaletta. Kerättyä tietoa käytettiin arvioidessa puhdistamoiden parasta tekniikkaa asiantuntijatyöryhmässä. (Laitinen, Nieminen, Saarinen ja Toivikko. 2014: 79.)

Yhdyskuntien jätevesien käsittelyn parasta käyttökelpoista tekniikkaa selventävässä raportissa on ohjeistettu puhdistamon toiminnalta muun muassa seuraavia yleisiä ominaisuuksia Laitisen ja ym. (2014) mukaan:

- ”laitokselle on laadittu kunnossapito-ohjelma, riskiarvio ja kriittisten varaosien analyysi
- laitoksella on kirjallinen prosessin ajo-ohje normaali- ja yleisimpiä häiriötilanteita varten
- tulevan veden laatua ja sen vaihteluita seurataan”
- ”prosessissa käytettävien pääkemikaalien riittävyys varmistetaan riittävällä varastolla ja sen tilanteen jatkuvalla seurannalla”
- prosessinmittalaitteet huolletaan ja viritetään säännöllisesti.

Automaatiolaitteilta suositellaan seuraavia ominaisuuksia Laitisen ja ym. (2014) mukaan:

- ”laitosta on mahdollista ajaa automaation avulla ilman miehitystä
- prosessilaitteiden häiriöistä on välityttävä riittävät hälytykset päivystäjälle
- automaatiojärjestelmien tulee kriittisiltä osiltaan olla kahdennetut ainakin suurimmilla laitoksilla ja niiden toimivuus on varmistettava vikavirtasuojauksin ja varavoimalähteillä
- prosessinohjauksen kannalta kriittiset mittaukset eriytetään riittävän monelle vahvistinyksikölle

- prosessiautomaatio tulee varustaa UPS-laitteilla
- prosessin ohjaukseen käytettävien ICT-laitteiden toiminta tulee varmistaa tarvittavilla varalaitteilla”
- mittauksien raja-arvojen tai muiden valvontaominaisuuksien ohituksissa tulee olla automaattiset hälytykset.

Narvio (2012) on todennut AMK-opinnäytetyössään, että jätevesikanaalien pohjalle kerräntynyt massa haittaa kanaalin pinnankorkeusmittauksia. Tutkimuksessaan hän on todennut, että sakan kertyminen vaikuttaa mitattuun pinnankorkeuteen eniten ultraääneen perustuvassa mittauksessa. Pinnankorkeuden mittausvirhe voi olla jopa kolmanneksen ja kiintoainepäästöjen mittaus on erittäin haasteellista johtuen anturin likaantumisesta tai puhdistuksen puutteesta. Kritz (2013) on todennut AMK-opinnäytetyössään, että erään ilmastusaltaan hapetuksen suurin ongelma ilmansyötön tarpeen ollessa pienimillään on ollut venttiilien aukeaman hallinta pienillä avautumilla.

3.2.5. Sähkönjakelun mittaukset

Euroopassa sähköä toimitetaan kuluttajalle 3-vaihe korkeajänniteverkossa sinimuotoisena 50Hz taajuudella. Siirtohäviön minimoimiseksi pidemmällä väleillä käytetään korkeajännitettä. Muuntajilla jännitettä alennetaan kuluttajan käyttöön sopivaksi. Jotkin laitteet tarvitsevat toimiakseen päto- ja loistehoa, jotka muuttuvat mekaaniseksi työksi ja magneettikenttää ylläpitäväksi voimaksi. Tämänlaisia laitteita ovat esimerkiksi: vaihtovirtamoottorit, taajuusmuuttajat, muuntajat ja suurpainepurkauslamput (European Commission 2009: 195). Loistehoa voidaan tuottaa kahdella tavalla, joko kondensaattoreilla tai nykyaikana taloudellisesti kannattamattomilla tahtikoneilla. Parempi tapa toteuttaa kompensointi on käyttää oikein mitoitettuja kompensointikondensaattoreita, jotka ovat pienjännitteelle yksittäinen yksikkö tai suurjännitteelle monesta yksiköstä koottuja paristoja. Suurjänniteparistoon kytketään yksiköitä sarjaan jännitteestä riippuen ja rinnakkain tehosta riippuen. Kompensointi voidaan toteuttaa automatiikalla, joka säätää kompensointia portaittain virran ja jännitteen vaihekulman mittauksen perusteella. (Hiltunen ja Laitinen 2000.) Muita energiatehokkuuden toimenpiteitä ovat:

- ”joutokäynnin ja kevyesti kuormitettujen (ylimitoitettujen) moottorien käytön minimointi
- välttää laitteen käyttöä korkeammassa jännitteessä kuin se on suunniteltu
- moottoripäivitysten yhteydessä korvata vanhat moottorit energiatehokkailla malleilla
- pyrkiä ajamaan moottoreita lähellä niiden mitoituspistettä, jolloin energiatehokkaista moottoreista saadaan maksimaalinen hyöty.”

Muuntajissa aiheuttavat hyötysuhteen alenemista rauta- ja kuparihäviöt, jotka ovat suuruusluokaltaan 0,2—0,5 % ja 1—3 % nimellistehostaan. Jokaisella muuntajalla on tyyppillisesti toiminta-alue, jossa hyötysuhde on heikompi. Keskimääräisesti heikoin hyötysuhde on noin 45 % nimellisestä kuormasta. Tästä syystä voidaan kokonaiskuorman ollessa alle 40—50 % nimellisarvosta säästää energiaa nostamalla kuormitusastetta kytkeällä yksi tai useampi muuntaja irti useamman muuntajan verkosta. Optimaalinen toiminta-alue muuntajalle on noin 40—75 % nimellistehosta. (European Commission 2009: 195.)

3.2.6. Paineilman ohjaus

Peruselementteinä paineilmajärjestelmässä ovat kompressorit, paineilmasäiliö, putkisto ja ohjausjärjestelmä, joiden oikeilla mitoituksella ja toiminnoilla voidaan merkittävästi vaikuttaa toimivuuteen. Eräs olennainen asia paineilmalaitteiden toiminnan määrittelyssä on oikea painetaso, jolla laitteet toimivat suunnitellusti. Yleinen paineen vaihteluväli on 800–1000 kilopascalialla, jota tarvittaessa alennetaan laitekohtaisesti paineenalennimilla. (European Commission 2009: 212-213.) Monen kompressorin tehdasverkossa voidaan energiatehokkuutta olennaisesti parantaa laitteiden yhteisohjauksella, joka vaihtaa toiminnallista tietoa laitteiden kesken ja osittain tai kokonaan kontrolloi kompressorien toiminnallista tilaa. Yhteisohjauksen tehokkuus on riippuvainen järjestelmän automaation tasosta, joka voi olla yksinkertaisesta rele-ohjauksesta laajaan automaatiotietoverkkoon. Laajempi kommunikaatio mahdollistaa laajemman toiminnanohjauksen ja paremman energiakulutuksen optimoinnin. Tavanomaisemmat kompressorin toiminnantilat ovat:

kuormitus, tyhjäkäynti ja seis-tilat sekä näiden taajuusohjaus. Toiminnanohjausjärjestelmän pääominaisuudet ovat Euroopan komission (2009) mukaan:

- kattava toiminnallisen tiedon saamisen mahdollisuus yksittäisten kompressorien kohdalla
- kattava operointitilojen kontrollointi mahdollisuus kompressoreiden yhteisohjauksessa
- tehokas taajuuden säätö toimintatiloissa, jotta voidaan kompensoida lyhyen ajan vaihteluita ilman toimituksessa ja välttää pitkän ajan toimintaa erityisesti matalilla taajuuksilla
- käy-seis ohjauksen optimointi ja tyhjäkäynnin minimointi kiinteän toimintanopeuden kompressoreissa
- lisätoiminnot kuten: kaukohallinta, tiedonkeräys, huoltosuunnittelu, toiminnallisen tiedon operointi verkkopalvelimen kautta

Eräissä autotehtaassa otettiin käyttöön tietokoneohjattu paineilmakompressoreiden ohjausjärjestelmä, jolla saatiin vähennettyä paineilman tuotantokustannuksia 18,5 %. Järjestelmän takaisinmaksuajaksi muodostui 16 kuukautta (European Commission 2009: 219).

4. TIETOJÄRJESTELMÄN VAATIMUKSET

Tässä kappaleessa esitetään aiheita ja määritelmiä, jotka helpottavat tietojärjestelmän vaatimuslistan määrittelyssä. Se sisältää järjestelmän minimivaatimukset, toimintaehdot ja -tavat. Ideana on määrittellä tehtaan tarvittavat energianhallinnan mittaukset, jotta käyttöhyödykkeiden tilat voidaan kattavasti raportoida ja analysoida.

4.1. Energian kulutuksen seuranta

- 1) Järjestelmä kerää ja näyttää toteutunutta kulutustietoa määritetyn ajanjakson välein:
 - a) tehdastasolla: käyttöhyödykkeet (sähköenergia, käyttövesi, hiilidioksidi, öljy, jätevesi)
 - b) alimittari tasolla: sama kuin yllä
 - c) laitetasolla: isommat kokonaisuudet (ilman tuotto yms.)
 - d) toiminnallisella tasolla: osastoittain (teurastus, kaltaus ja kynintä, leikkuu, pakkaus, lähettämö ja toimisto).

- 2) Tietopisteet:
 - a) Järjestelmä kerää tietoa suoraan etäluettavilta mittareilta tai tiedonkeruuyksiköiltä, jotka käyttävät standardoitua avointa OPC-tiedonsiirtotekniikkaa.
 - b) Järjestelmässä tulee olla mahdollisuus luoda virtuaalisia mittapisteitä, joihin voidaan liittää laskentakaavoja tai toisia mittapisteitä, esimerkiksi: veden virtaama jaettuna tuotantomäärillä.
 - c) Järjestelmän tulee laskea päivittäiset, kuukausittaiset ja vuotuiset lämmitys- ja jäähdytyspäivät perustuen paikalliseen lämpötilaan.
 - d) Järjestelmän tulee taltioida kerätyt tiedot viideksi vuodeksi analysointia, raportointia ja visualisointia varten. Taltioinnin näytteenottovälin tulee olla sama kuin tiedonkeruun näytteenottovälin.

- 3) Tiedon laatutarkastus
 - a) Järjestelmässä tulee olla mahdollisuus tiedon oikeellisuuden tarkastamiseen. Oikeellisuus pitää sisällään tiedon katkeamisen, jäätymisen ja piikkien tunnistamisen ja mahdollisuuden käyttäjän valita tapa, jolla tieto oikaistaan.
 - b) Järjestelmä ilmoittaa sähköpostin tai tekstiviestin välityksellä virheraportin, jossa ilmoitetaan tiedon oikeellisuuden häiriöstä.

- 4) Energian hintaseuranta
 - a) Järjestelmä laskee annetun kulutushyödykkeen yksikköhinnan perusteella arvioidun ja kulutetun kustannuksen.

- 5) Energian kulutuksen yksikkömuunnokset ja normalisointi
 - a) Ohjelma laskee päivittäisen, kuukausittaisen ja vuosittaisen lämmitys- ja jäähdytystarveluvun.
 - b) Järjestelmässä tulee olla mahdollisuus tietopisteen normalisointiin halutun tavan mukaan esimerkiksi: lämmitys- tai jäähdytyspäivät.
 - c) Järjestelmässä tulee olla mahdollisuus automaattisiin yksikkö muunnoksiin esimerkiksi $\text{m}^3/\text{päivä} \rightarrow \text{m}^3/\text{kuukausi}$.

4.2. Energiatehokkuuden tarkkailu

- 1) Aikasarjan tarkastelu
 - a) Näkymässä esitetään mitattava suure ajan funktiona.
 - b) Vaaka- ja pystyakselien rajat tulee olla muokattavissa.
 - c) Näkymässä tulee olla x-akselin suhteen liikuteltavissa oleva hiusviiva, jonka hetkittäinen arvo esitetään (hiusviivan) tietoikkunassa.
 - d) Näkymään tulee olla mahdollisuus lisätä, minkä tahansa tietopisteen tiedot, jonka y-akselin skaalaus esitetään erillisenä. Muiden tietopisteiden esitys tulee olla mahdollista myös eri aikasarjoilla esimerkiksi energiankulutus 2014 ja 2015 tai energian perusura ja 2015 kulutus.

2) Regressioanalyysi

- a) Tietopisteen selitettävyyttä on pystyttävä vertaamaan toiseen tietopisteeseen *yhden selittävän muuttujan regressioanalyysillä* esimerkiksi öljyn kulutuksen selitettävyys lämmitystarveluvun perusteella.
- b) Regressioanalyysiin tulee merkitä vähintään regressiosuora ja selitysosuus R^2 .

3) Mittaustiedon poikkeamat, virhe- ja hälytystilat

- a) Ohjelman tulee tunnistaa ja merkitä normaalista poikkeavat mittaustiedot.

4) Raportoinnit

- a) Raportointi- ja analysointityökalujen ominaisuustaso määräytyy automaattisesti käyttäjätason mukaan.
- b) Eräänä raportin muotona pitää olla sisällöltään yksinkertaistettu ”kojelauta”-näyttö, jossa voidaan valita esimerkiksi yksittäisten tuotantolinjojen, tai laitosten energiatehokkuus (kWh/työntekijä, kWh/tuotantomäärä tai vastaavia laskentoja).
- c) Ohjelman tulee tuottaa ISO 50001 -standardin mukaisen järjestelmän auditointia ja viranomaisia varten muodostettavia raportteja.
- d) Raporttien tulostus- ja tallennusformaateiksi on valittavissa pdf tai kuvaformaatti.

4.3. Mittapisteet broileriteurastamolla

Seuraavassa esitetään mittapisteet osastoittain sekä erillisten laitekokonaisuuksien osalta. Mittapisteiden määrittely etenee samassa järjestyksessä kuin broilerin käsittely vaiheittain ja prosesseittain, lisäksi laitekokonaisuudet esitetään erikseen. Osastoille yleisiä määrittelyksiä tai mittauksia ovat:

- huonelämpötila, kosteus, ilmanpaine ja CO_2 -pitoisuus
- jokaisesta lämmönvaihtimesta (LTO, levypakastimet lämmitys ja jäähdytys) mitataan tulo- ja lähtölämpötila
- päto- ja loistehoa mitataan päämittarilla tehdastasolla ja tarvittaessa siirrettävällä paikallismittarilla sekä valaistuskeskuksien energiankulutusta pätokehona

- lämpötilojen säätöpiirien asetuksen ja oloarvon eroarvoa lasketaan kaikissa säätöpiireissä
- kylmä-, pakkastilojen tai merkittävien lämpötilaerojen välisien ovien aukiolo-tieto.

4.3.1. Broilereiden vastaanotto ja tainnutus

- huoneilman hiilidioksidipitoisuus
- tainnutusvaiheiden hiilidioksidipitoisuus
- pesuveden runkolinjan paine
- pesuveden runkolinjan paine
- ajoneuvo-pesuveden määrä
- ajoneuvo-pesuveden lämpötila
- kehikko-pesuveden määrä
- kehikko-pesuveden lämpötila
- kehikkopesun pesuaineen määrämittaus.

4.3.2. Kalttaus, höyhenien- ja sisäelimien poisto

- veden runkolinjan paine
- veden määrämittaus laitteittain
- veden lämpötila laitteittain.

4.3.3. Paloittelu, luuttomaksi leikkaaminen, massaosasto ja pakkaaminen

- veden määrä laitteittain.

4.3.4. Rehun valmistus

- muurahaishapon määrä
- natriumbisulfiitti määrä
- veden määrä.

4.3.5. Hiilidioksidi, typpi ja happi -laitos

- kaasujen virtaus ja määrä.

4.3.6. Jätevesikanavat ja -laitos

- jäteveden kiintoaine
- jäteveden virtaus
- jäteveden sameus
- jäteveden pH
- ilmastusaltaan lämpötila
- ilmastuksen runkolinjan paine
- ilmastusaltaan pH
- ilmastusaltaan happipitoisuus
- jäteveden erillisoton (tankkiautoon tms.) virtaus
- ferrisulfaatin määrä
- typpi, kiintoaine, COD

Laskennalliset arvot tai tiedot:

- kiintoaineen näytteenoton aikaleima näytteenottimelta, jotta voidaan verrata laboratorioon menevää kokoomanäytettä ja online-mittarin mittaustuloksiin
- rakennukseen tulevan veden ja lähtevän jäteveden määrän ero.

4.3.7. Nestekaasulaitos

- kaasupolttimen käyntitieto
- kaasun tulovirtaus
- savukaasujen lämpötila
- savukaasujen O₂-pitoisuus
- savukaasujen CO-pitoisuus
- tulipesän alipaine
- tulipesän lämpötila

- kattilatilojen lämpötila
- syöttöveden lämpötila
- syöttöveden paine.

Laskennalliset arvot:

- hyötysuhde: poltetun kaasun energia jaettuna lämmitetyn veden energialla.

4.3.8. Jäähdytyskompressorit

- moottoreiden käyntitilat
- moottoreiden kuormitus.

4.3.9. Sähkömuuntajat

- muuntajan kuormitus

4.3.10. Ali- ja ylipainejärjestelmä

- moottoreiden käyntitilat
- moottoreiden teho
- järjestelmien ali- ja ylipaine verkoston alkupisteessä
- järjestelmien ali- ja ylipaine verkoston muissa pisteissä
- yksittäisten kompressorien ilmantuotto
- kuivaimelle menevän paineilman lämpötila
- kompressorihuoneen lämpötila
- paineilman kastepiste
- imuilman lämpötila.

Laskennalliset arvot:

- kompressorin teho verrattuna ilmantuottoon

5. POHDINTA

Työn tarkoituksena oli selvittää, miten käyttöhyödykkeiden kulutusta voitaisiin kohdeyrityksessä paremmin seurata ja miten energianhallinnan kautta saataisiin säästöä kustannuksissa sekä määritellä uudessa tuotantolaitoksessa käytettävien kulutushyödykkeiden ja energiankulutuksen mittapisteet. Työn sisältö muuttui hieman alkuperäisestä enemmän energianhallintaan painottuvaksi. Kehityssuunta oli mielestäni hyvä, koska käyttöhyödykkeet kuuluvat energianhallinnan piiriin ja energianhallinta kokonaisuudessaan käsittelee asioita laajemmasta näkökulmasta. Työssä käsiteltiin teoriaa muun muassa ISO 50001 sertifikaattia, energiakulutuksen analysointityökaluja ja toimintopoikkeamien automaattista tunnistamista ja diagnosointiin, joista mielenkiintoisimmiksi muodostuivat kaksi jälkimmäistä aihetta. Työn taustatutkimus antoi hyvät tiedot energiahallinnan johtamisesta yrityksestä sekä perustan energiakulutuksen analysointiin ja virhediagnoosiin.

5.1. Mittapisteiden selvitys

Mittapisteiden selvittämiseksi oli olennaista perehtyä tuotantoprosesseihin ja energiakulutuskohteisiin. Selvitystyön edetessä myös kokonaiskuva tuotantolaitoksesta ja sen automaatiosta tarkentui. Mahdollisista mittapisteistä muodostettiin lista ja ISA-95 -standardin mukainen vuokaavio, josta on helpompi hahmottaa mittapisteiden sijainti tuotantoprosessissa. Mittapisteiden esimäärittely on hyvä lähtökohta automaatiolaitteiston vaatimuksia asetettaessa.

5.2. Energiaskenaariot ja -hallinta

Työn johdannossa tarkasteltiin yritysesityksen lisäksi tulevaisuuden energiaskenaarioita, joiden tarkoituksena oli esittää lukijalle mahdollisia tulevaisuuden energiankulutuksen ja hintakehityksen suuntia. Tämä osio antaa mielestäni olennaisen tiedon lukijalle ymmärtääkseen paremmin energianhallinnan kokonaiskuva.

Energiateollisuus ry, Fingrid Oyj, Metsäteollisuus ry, Suomen Elfi Oy ja Työ- ja elinkeinoministeriön teettämän tutkimuksen mukaan energian ja päästöoikeuksien kustannuskehitys tulee nousemaan maltillisesti tai jyrkästi riippuen talouden elpymisestä. Energianhallinnan ja energian säästöpotentiaalin hyödyntäminen korostuu tällöin erityisesti korkean kehityksen skenaariossa. ISO 50001 -sertifiointi ja hyvä energianhallinta antavat paremmat mahdollisuudet säästöpotentiaalin paikallistamiseen, sertifiointi myös edistää yrityksen kuvaa ympäristövastuullisena yrityksenä. Hyvin toteutetun energianhallintajärjestelmän edellytyksenä on erityisesti yrityksen johdon sitoutuminen ja vastuun ottaminen järjestelmän toimintojen jalkautuksesta. ISO 50001 -standardissa esitetään keinoja vastuunkantamisen helpottamiseksi sekä standardoinnin systemaattiselle etenemiselle. Yrityksessä pitäisi luoda hyvä energianhallintakulttuuri, jossa jokaisella henkilöstötasolla tiedostetaan energiankulutuksen ajankohtaiset trendit. Skenaarioissa on esitetty että energia-alalla ekologiset arvot nousevat suomalaisen yhteiskunnan suosioon mm. öljyvaroista sekä muista fossiilisista polttoaineista riippuvuuden vähentämisen muodossa. Myös HKScanin uudessa tuotantolaitoksessa lämminvesi tuotetaan öljyn sijaan kaukolämmöllä ja kaasulla.

5.3. Energiakulutuksen seuranta ja analysointi

Siirtyminen taulukko-ohjelman käytöstä automatisoituun hallintajärjestelmään olisi jo sinänsä suuri edistys energiakulutuksen seurannassa. Oli raportointimenetelmä, mikä tahansa, hyvästäkään raportointi- tai analysointityökalusta ei ole mitään hyötyä ellei sitä osata tai haluta käyttää. Osaamiseen vaikuttaa ohjelman loogisuus ja sen ominaisuuksien sovittaminen käyttäjätasojen mukaan. Haluamiseen vaikuttaa koko sisäinen voima ja tahtotila, joka yrityksessä on. Tahtotilan luomiseen vaikuttavat mielestäni ylimmän johdon oikeanlainen suhtautuminen asioihin ja sen synnyttämien toimintojen jalkautuksen onnistuminen käyttäjätasolla. Toisin sanoen, yksittäinen taistelija ei sota voita vaan voittamiseen tarvitaan myös hyvää johtamista ja yrityskulttuuria. Keskeisiä asioita säästötalkoissa ovat yrityksen energiapolitiikka, päämäärät, toimenpidesuunnitelmat ja henkilöstön sitouttaminen.

5.4. Jatkotutkimus

Jatkotutkimus voisi edellisen perusteella liittyä ISO 50001 energiahallintajärjestelmän sertifiointiin implementointiin. Sertifiointin hyötyjä ovat muun muassa: ulkoisen asiantuntijan näkemys yrityksen energianhallinnan tilasta ja energiankäytön tehostuminen sekä suurille yrityksille pakollisesta energiakatselmuksesta vapautuminen. Tässä standardissa on sama rakenne kuin ISO 14001 -standardissa ja näin ollen se on helpompi integroida yrityksessä jo olemassa oleviin järjestelmiin, kuin yksinäisenä sertifikaattina. Sertifiointin ja hyvän energianhallinnan kautta saadut hyödyntämismahdollisuudet ovat muun muassa: säästö (Pinho 2015, 7 % säästö) minimoitujen kulutuksien myötä, yrityksen ympäristövastuun kautta saatu imago kuluttajanäkökulmasta ja prosessien jatkuva kehitys. Kuluttajanäkökulmasta saatu etu koskee pientä valveutunutta kuluttajaryhmää, mutta ympäristöön ja energiankulutukseen liittyvät toimet ovat mielestäni olennainen osa yrityksessä suoritettavaa vastuun kantamista. Jatkotutkimuksen aiheena voisi myös olla anturitiedon ja prosessin virheentunnistusalgoritmien kehittäminen. Virheentunnistustapoja on monia: sumean logiikka, kausaaliset- ja neuroverkkomallit. Automaattisessa virheentunnistuksessa virheen muodostumisen ja sen paikallistamisen välinen aika minimoidaan, joka näin ollen edistää energiakulutustavoitteisiin pääsemistä.

6. JOHTOPÄÄTÖKSET

ISO 50001 sertifiointi yrityksessä voitaisiin toteuttaa tulevaisuudessa helposti kaavamaisuuden ja helpon ymmärrettävyyden vuoksi, kun taas energiankulutuksen seuranta ja analysointi vaatii suorittajalta dynaamisuutta ja syvää asiantuntijuutta. TÜV SÜD -sertifiointiorganisaatio (2014) myös toteaa artikkelissaan, että ISO 50001 -standardi takaa selvästi määritellyn polun energiahallintajärjestelmän implementointiin ja mahdollisuuteen energian säästöön sekä johdon tuen olevan kriittinen lähtökohta järjestelmän tehokkuuden saavuttamiselle.

Energihallinta-ohjelmiston käyttö mahdollistaa kulutuksien reaaliaikaisen seurannan. Ohjelmiston ominaisuuksien määrittelyssä nousee muutama vaatimus vahvimmin esille: verkkopohjainen käyttöliittymä, hyvät analysointiominaisuudet, ISO 50001 -auditointiraportointi ja ohjelman adaptiivisuus. Verkkopohjainen käyttöliittymä mahdollistaa ohjelman käyttämisen laajemmalle ryhmälle, koska on huomattavasti vaivattomampaa tutkia asioita omalta työpisteeltä, kuin esimerkiksi valvomopäätteeltä. Valvontatyökalujen oikeat asetukset ja analysointityökalujen käyttö ovat edellytyksiä energiankulutuksen muutoksien tunnistamiseen tai mitatun tiedon analysointiin. Automaattiset ja helppokäyttöiset toiminnot jouduttavat myös auditointia tai muuta jaksollista raportointia. Ohjelmiston tai järjestelmän muutostarpeen ilmaantuessa ominaisuuksien tulee olla helposti muutettavissa. Pinho (2015) on tehnyt tutkimuksessaan samansuuntaisia päätelmiä, että yleinen väärinkäsitys on luulo että valvonta-, virheenpaikallistamis- ja diagnosointijärjestelmän hankinnat tuovat yksinään säästöä. Totuus kuitenkin on, että säästöä muodostuu vasta järjestelmän asetusten ja toiminnan validoinnin jälkeen.

Kohdeyrityksen tuotantoyksikön energiahallinta on tällä hetkellä erittäin hajautettu ja raportointikeinoja on monenlaisia. Lisäksi ison organisaation tuomaa synergiaetua ei mielestäni juurikaan käytetä. Konsernintasolla olisi järkevää toteuttaa systemaattisesti energiahallintajärjestelmä, jonka avulla voidaan vertailla tuotantolaitoksien energiankulutusta ja näin ollen pureutua poikkeustapauksiin. Tuotantoyksikkötasolla pitäisi toteuttaa mer-

kittävä toimintatapojen muutos jollain tehtaalla, jonka jälkeen hyväksi koetut tavat jalkautettaisiin muille yksiköille. Erityisesti painottaisin erilaisia näkökulmia järjestelmän kehittämisessä.

LÄHDELUETTELO

Capehart, B., Middelkoop, T. (2011). *Handbook of Web Based Energy Information and Control Systems*. Lilburn: The Fairmont Press, Inc.

DegreeDays.net. (2015). *Linear Regression Analysis of Energy Consumption Data*. [online]. [Lainattu 13.10.2015]. Saatavilla: <http://www.degree-days.net/regression-analysis>

Directive 2008/1/EC of the European Parliament and of the council. *EUR-Lex - 32008L0001 - EN*. (2008). [online]. [Lainattu 27.8.2015]. Saatavilla: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32008L0001>

Energiateollisuus ry ja Ympäristöministeriö. (2012). *Kotimaista polttoainetta käyttävien 0,5...30 MW kattilalaitosten tekniset ratkaisut sekä palamisen hallinta*. [online]. [Lainattu 14.10.2015]. Saatavilla: <http://www.ym.fi/download/name/%7B200B1E69-09BB-4654-8DBC-F67274431193%7D/30742>

Energiateollisuus ry. (2010). *Kaukolämmön sopimusehdot, suositus T1/2010*. [online]. [Lainattu 14.10.2015]. Saatavilla: http://energia.fi/sites/default/files/suositu1_2010_kl-sopimusehdot_0.pdf

Energiateollisuus ry. (2008). *Kaukolämmönmittaus, Suositus K14/2008*. [online]. [Lainattu 14.10.2015]. Saatavilla: http://energia.fi/sites/default/files/suositu1_2010_kl-sopimusehdot_0.pdf

Energiateollisuus ry, Fingrid Oyj, Metsäteollisuus ry, Suomen Elfi Oy ja Työ- ja elinkeinoministeriö. (2015). *Suomen sähkötehon riittävyys ja kapasiteettirakenteen kehitys vuoteen 2030*. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 52X265022. 47 s.

European Commission. (2009). *Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency*. Euroopan komission julkaisuja BREF 02.2009. 398 s.

European Commission. (2015). *Reference documents under the IPPC Directive and the IED*. [online]. [Lainattu 15.10.2015]. Saatavilla: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/>

Finlex. (2014). *Energiatehokkuuslaki*. [online]. [Lainattu 5.8.2015]. Saatavilla: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20141429>

Finlex. (1986). *Ilmansuojeluasetus 1982/716*. [online]. [Lainattu 7.8.2015]. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1982/19820716>

Finlex. (2000). *Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista*. [online]. [Lainattu 19.8.2015]. Saatavilla: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2000/20000461>

Heikkilä, Ilkka, Mikko Huumo, Sari Siitonen, Pirkko Seitsalo, ja Hille Hyytiä. (2008). *Teollisuuden energiatehokkuus*. Suomen ympäristö 51/2008. 89 s.

Hiltunen, V ja Laitinen, M. (2000). *Loistehon kompensointi, Sähköasennukset 2 Sähköurakoitsijaliiton koulutus ja kustannus Oy*

HKScan. (2015) *Tuoteturvallisuus; Ympäristö. Sisäinen dokumentti MFiles*.

HKScan. (2015). *Käyttöhyödykkeiden kulutustaulukko. Sisäinen dokumentti*.

HKScan. (2014). *Sertifioitua toimintaa*. [online]. [Lainattu 4.8.2015]. Saatavilla: http://www2.hkscan.com/attachments/pdf/20140307hkscan_sertifioinnit_.pdf

HKScan. (2013). *Toimintakäsikirja. Sisäinen dokumentti*.

- HKScan. (2015). *Vuosikertomus 2014*. [online]. [Lainattu 37.7.2015]. Saatavilla: http://www2.hkscan.com/attachments/pdf/hkscan_vuosikertomus_2014.pdf
- Ilmatieteenlaitos. (2015). *Lämmitystarvelukema*. [online]. [Lainattu 18.8.2015]. Saatavilla: <http://ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut>
- Jalander, Kai. (2015). *ISO 50001 -Vaatimusten käyttöönotto Stora Enso Oyj:n Oulun tehtaalla*. Oulun yliopisto. Teknillinen tiedekunta. Diplomityö. [online]. [Lainattu 13.10.2015]. Saatavilla: <http://herkules.oulu.fi/thesis/nbnfioulu201505061445.pdf>
- Kauppa- ja teollisuusministeriö. (1996). *Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä 516/1996*. [online]. [Lainattu 6.8.2015]. Saatavilla: <http://plus.edilex.fi/tukes/fi/lainsaadanto/19960516>
- Kehittyvä Elintarvike. (2013) *Elintarvikealan tiede- ja ammattilehti*. [Verkkolehti] 6:5 [31.10.2013], 45. [Lainattu 3.8.2015]. Saatavilla: http://kehittyvaelintarvike.fi/teemaju_tut/vastuullisuus-on-ykkosasia
- Kritz, Rosa. (2011). *Veden jakaantuminen ilmastuslaitteille*. Tampereen ammattikorkeakoulu. Kemiantekniikan koulutusohjelma. Ympäristötekniikka. AMK-opinnäytetyö. [online]. [Lainattu 16.9.2015]. Saatavilla: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/27697/Kritz_Rosa.pdf?sequence=1
- Lainsäädäntö 953/1999. (1999). *Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös painelaiteturvallisuudesta*. [online]. [Lainattu 7.8.2015]. Saatavilla: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1999/19990953#Lidm225952>
- Laitinen, Jyrki, Jenni Nieminen, Risto Saarinen, ja Saijariina Toivikko. (2014) *Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamot*. Suomen ympäristö 3/2014

- Lihatiedotus. (2015) *Lihan kulutus Suomessa*. [online]. [Lainattu 3.8.2015]. Saatavilla: http://www.lihatiedotus.fi/www/fi/tilastot/lihan_kulutus_suomessa.php
- Luukkanen, Jyrki, Jarmo Vehmas, Anne Karjalainen, ja Juha Panula-Ontto. (2009). *Energiaskenaarioita vuoteen 2050*. TUTU-ejulkaisuja 11/2009
- Maa- ja metsätalousministeriö. (2013). *Elintarviketeollisuuden vuolto-opasluonnosesih*. [online]. [Lainattu 19.8.2015]. Saatavilla: http://www.mmm.fi/attachments/vesivaarat/6LGPaRCg3/Opasluonnos_2_7_2013.pdf
- Motiva. (2015). *Uusiutuva energia*. [online]. [Lainattu 10.8.2015]. Saatavilla: http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia
- Narvio, Joonas. (2012). *Jätevesien kiintoainemittausten kartoitus*. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Paperikoneteknologian koulutusohjelma. AMK-opinnäytetyö. [online]. [Lainattu 15.9.2015]. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201205188789>
- Paavola, Päivi (2015). Lähettämöassistentti. Eura. Haastattelu 5.8.2015.
- Pinho, Andre. (2015). *Analytics of Building Management Systems for Improved Energy and Plant Performance*. CIBSE Tekniikan konferenssi, Lontoo, Englanti 16-17 huhtikuuta 2015. 19 s.
- Siipikarjaliitto ry ja Suomen Broileriyhdistys. (2009). [online]. [Lainattu 3.8.2015]. Saatavilla: <http://www.siipi.net/index.php/broileriyhdistys/historia>
- Suomen standardisoimisliitto. (2013). SFS-EN ISO 50001. *Energianhallintajärjestelmät. Vaatimukset ja käyttöohjeet*.
- Sustainable energy authority of Ireland. *Energy Management System*. [online]. [Lainattu 22.10.2015]. Saatavilla: http://www.seai.ie/Your_Bu

siness/Large_Energy_Users/Energy_Management_Standard/Energy_ManagementSystem/

Teollisuuden voima. (2008). *Perustietoa Olkiluoto 3:sta*. [online]. [Lainattu 5.8.2015].
Saataavilla: <http://www.tvo.fi/uploads/File/2008/OL3perustiedot-FIN.pdf>

Teollisuuden voima. (2015). *Tiedote, OL3:n käyttöautomaation tehdastestit ovat valmistuneet*. [Julkaistu 30.7.2015]. [online]. [Lainattu 5.8.2015]. Saataavilla:
<http://www.tvo.fi/news/1630>

The Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE). (2006). *Degree Days: Theory and Application*. [online]. [Lainattu 16.10.2015]. Saataavilla:
<http://www.cibse.org/knowledge/cibse-tm/tm41-degree-days-theory-application>

Tilastokeskus. (2006). *Käsitteet ja määritelmät*. [online]. [Lainattu 5.8.2015]. Saataavilla:
http://www.stat.fi/meta/kas/fossiiliset_pol.html

Turner, Wayne, and Stewe Doty. (2006). *Energy Management Handbook*. Colorado: The Fairmont Press Inc.

Työ- ja elinkeinoministeriö. (2015). *Hanhikivi 1:n luvit*. [online]. [Lainattu 11.8.2015].
Saataavilla: https://www.tem.fi/energia/ydinenergia/hanhikivi_1_n_luvitus

TÜV SÜD. (2014). *White paper: Establishing an ISO 50001 Energy Management System*. [online]. [Lainattu 8.12.2015]. Saataavilla: <http://www.tuv-sud.com/uploads/images/1388108918966091370223/tuv-sud-establishing-an-iso-50001-energy-management-system.pdf>

U. S. Department of Energy. (2013). *Open Energy Information System (Open EIS) Project*. [online]. [Lainattu 6.10.2015]. Saataavilla: <http://eis.lbl.gov/pubs/openeis-workshop-02262013.pdf>

